MINISTERO DELLA GUERRA

ISPETTORATO DELL'ARMA DEL GENIO

N. 3299

ISTRUZIONE SUI MEZZI DI TRASMISSIONE

PREMESSA

NOZIONI DI ELETTRICITÀ - MAGNETISMO TELEGRAFIA - TELEFONIA - RADIOTELEGRAFIA - RADIOTELEFONIA - OTTICA FOTOTELEFONIA



ROMA
ISTITUTO POLIGRAFICO DELLO STATO
LIBRERIA
1938 - ANNO XVI

MINISTERO DELLA GUERRA
ISPETTORATO DELL'ARMA DEL GENIO

N. 3299

ISTRUZIONE
SUI MEZZI DI TRASMISSIONE

PREMESSA

**NOZIONI DI ELETTRICITÀ - MAGNETISMO
TELEGRAFIA - TELEFONIA - RADIOTELEGRAFIA - RADIOTELEFONIA - OTTICA
FOTOTELEFONIA**



ROMA
ISTITUTO POLIGRAFICO DELLO STATO
LIBRERIA
1938 - ANNO XVI

(1104522) Roma, 1938-XVI - Istituto Poligrafico dello Stato - G. C.

MINISTERO DELLA GUERRA

È approvata la presente Istruzione sui mezzi di trasmissione - Premessa - Nozioni di elettricità - Magnetismo - Telegrafia - Telefonia - Radiotelegrafia - Radiotelefonia - Ottica - Fototelefonia.

Essa sostituisce le analoghe pubblicazioni n. 2676 e n. 3069 edite rispettivamente nel 1934 e 1936.

Roma, 11 gennaio 1938-XVI

IL SOTTOSEGRETARIO
A. PARIANI

Il presente manuale è stato compilato per gli allievi trasmettitori del Genio; esso tien conto della diversità di preparazione degli allievi stessi.

La trattazione della materia in esso contenuta deve essere completata dall'istruttore, nelle esercitazioni pratiche sui materiali telegrafonici, radiotelegrafonici, fototelegrafici e fototelefonici.

REGISTRAZIONE DELLE AGGIUNTE E VARIANTI

1	
2	
3	
4	
5	

Segue REGISTRAZIONE DELLE AGGIUNTE E VARIANTI

6	
7	
8	
9	
10	

INDICE

NOZIONI DI ELETTRICITÀ
MAGNETISMO - TELEGRAFIA - TELEFONIA

CAPO PRIMO

1. Elettricità .... *Pag.* 1
2. Pila - Corrente elettrica .... » 2
3. Intensità - Tensione - Resistenza .... » 3
4. Regolazione della corrente - Reostati .... » 5
5. Capacità delle pile e loro collegamento .... » 6
6. Accumulatori:
   Al piombo .... » 8
   Al ferro nichel .... » 11
7. Calamite .... » 13
   Elettrocalamite .... » 14
8. Condensatori .... » 16
9. Induzione .... » 20
10. Corrente alternata .... » 25
   Reattanza di capacità .... » 26
   Reattanza magnetica .... » 27
   Accoppiamenti .... » 27
11. Cenni sulle macchine elettriche .... » 27
   Dinamo .... » 29
   Alternatore .... » 31
   Motori elettrici .... » 32
12. Microfono e telefono .... » 32
13. Soneria elettrica .... » 33
14. Telegrafia .... » 34
15. Telefonia .... » 35

NOZIONI DI RADIOTELEGRAFIA E RADIOTELEFONIA

CAPO SECONDO

16. Stazioni e posti r. t. .... *Pag.* 37
16. Onde elettromagnetiche - Antenna .... » 37

18. Circuito oscillante................................ *Pag.* 40
19. Antenna aperta e antenna chiusa.................... » 43
20. Orientamento del telaio............................ » 44
21. Radiogoniometro.................................... » 46

CAPO TERZO

22. Risonanza.. *Pag.* 51
23. Triodo e diodo..................................... » 53
24. Triodo generatore di oscillazioni – Stazione r. t. trasmittente.. » 58
25. Modulazione.. » 63

CAPO QUARTO

26. Rivelazione delle onde............................. *Pag.* 65
27. Ricezione delle onde modulate...................... » 65
28. Amplificazione a reazione – Interferenza........... » 69
29. Ricezione delle onde non modulate.................. » 70

CAPO QUINTO

30. Amplificatori ad alta e a bassa frequenza.......... *Pag.* 73
31. Amplificatori a resistenza......................... » 73
32. Amplificatori ad impedenza......................... » 76
33. Amplificatori a risonanza.......................... » 77
34. Amplificatori a trasformatori...................... » 78
35. Schema di principio di un ricevitore normale....... » 78
36. Ricevitori speciali................................ » 78
37. Ricevitore neutrodina.............................. » 79
38. Ricevitore a cambiamento di frequenza (supereterodina) » 83
39. Valvola a quattro e cinque elettrodi o tetrodo e pentodo – Valvole a riscaldamento indiretto del filamento » 83

CAPO SESTO

40. Apparecchi di misura............................... *Pag.* 89
41. Ampermetro a corrente continua..................... » 89
42. Voltmetro a corrente continua...................... » 90
43. Ampermetro per correnti ad alta frequenza.......... » 91
44. Ampermetro con pinza o coppia termoelettrica....... » 91
45. Ondametro.. » 92
46. Ondametro a quarzo................................. » 94

NOZIONI DI OTTICA

CAPO SETTIMO

47. Definizioni .... *Pag.* 95
48. Propagazione della luce .... » 95
49. Corpi opachi e corpi trasparenti, diafani e traslucidi. . » 95
50. Raggio luminoso e raggio visuale .... » 95
51. Intensità luminosa .... » 96
52. Variazione dell'illuminazione con la distanza dell'oggetto illuminato .... » 96
53. Specchi – Diffusione e riflessione della luce .... » 97
54. Rifrazione – Prismi e lenti .... » 98
55. Rifrazione attraverso lastre a facce piane e parallele ed attraverso prismi e lenti .... » 99
56. Assi della lente – Centro ottico .... » 101
57. Effetti di una lente davanti ad una sorgente luminosa » 102
58. Fuoco principale di una lente convergente e modo di trovarlo .... » 102
59. Fascio di raggi uscente da una lente convergente.... » 102
60. Lente d'ingrandimento – Microscopio .... » 103
61. Cannocchiale .... » 104
62. Oculare astronomico ed oculare terrestre – Micrometro » 104
63. Acromatismo .... » 104
64. Puntamento di un cannocchiale...................... » 105

NOZIONI DI FOTOTELEFONIA

CAPO OTTAVO

65. Stazioni fototelefoniche .... *Pag.* 107
66. Cellule fotoelettriche .... » 108

NOZIONI DI ELETTRICITÀ
MAGNETISMO - TELEGRAFIA - TELEFONIA

CAPO PRIMO

1. Elettricità. — Si ammette comunemente che la materia, ovvero qualunque sostanza solida, liquida o gassosa, sia costituita dalla riunione di particelle piccolissime chiamate *atomi*.

L'atomo è molto piccolo: un grammo di idrogeno per esempio contiene 600.000 miliardi di miliardi di atomi.

In passato si è creduto l'atomo indivisibile, mentre ora si ritiene che gli atomi siano composti dalla riunione di particelle di elettricità ancora più piccole.

L'atomo assomiglierebbe al sistema solare col suo sole centrale ed i pianeti che gli girano intorno. Al centro dell'atomo, al posto del sole, vi è un nucleo. Intorno a questo nucleo girano, a distanze diverse, come i pianeti intorno al sole, delle particelle piccolissime chiamate *elettroni*.

Gli elettroni sono piccolissimi in confronto dell'atomo.

Nell'atomo di idrogeno vi è un solo elettrone che gira intorno al nucleo. Ma gli atomi degli altri corpi sono più complicati e contengono più elettroni.

Gli elettroni sono particelle di elettricità negativa mentre il nucleo è elettrizzato positivamente.

Gli elettroni ed il nucleo si attirano reciprocamente, mentre gli elettroni respingono gli elettroni. L'intensità di queste forze attrattive e ripulsive diminuisce con l'aumentare della distanza tra elettroni e nucleo e tra elettroni ed elettroni.

Normalmente in un atomo le particelle di elettricità negativa (elettroni) sono perfettamente equilibrate dall'elettricità positiva del nucleo; l'atomo è *neutro*, cioè non manifesta elettricità di nessun segno.

Vi sono dei corpi in cui gli elettroni sono invariabilmente connessi con l'atomo di cui fanno parte. Vi sono invece degli

altri corpi, specialmente i metalli, in cui gli elettroni hanno tendenza a sfuggire dall'atomo di cui fanno parte per passare in un altro atomo.

Se, in conseguenza, qualche elettrone di un atomo neutro passa in un altro atomo neutro, avverrà che il primo atomo diventerà *positivo* (per deficienza di elettroni) ed il secondo *negativo* (per esuberanza di elettroni). L'atomo diventato positivo attira gli elettroni che sono particelle di elettricità negativa.

In determinate condizioni, per esempio aumentando la temperatura del corpo che si considera, gli elettroni acquistano fortissime velocità e tendono a sfuggire dal corpo che li contiene. In genere, più la temperatura è elevata, maggiore è il numero degli elettroni che hanno la possibilità di sfuggire dagli atomi del corpo riscaldato.

2. Pila - Corrente elettrica. — Si abbia un bicchiere con una soluzione di sale ammoniaco in cui sono stati introdotti un bastoncino di carbone ed un cilindretto di zinco (fig. 1-*a*). In queste condizioni il sale ammoniaco ha la proprietà di prendere una parte degli elettroni del carbone e di aggiungere

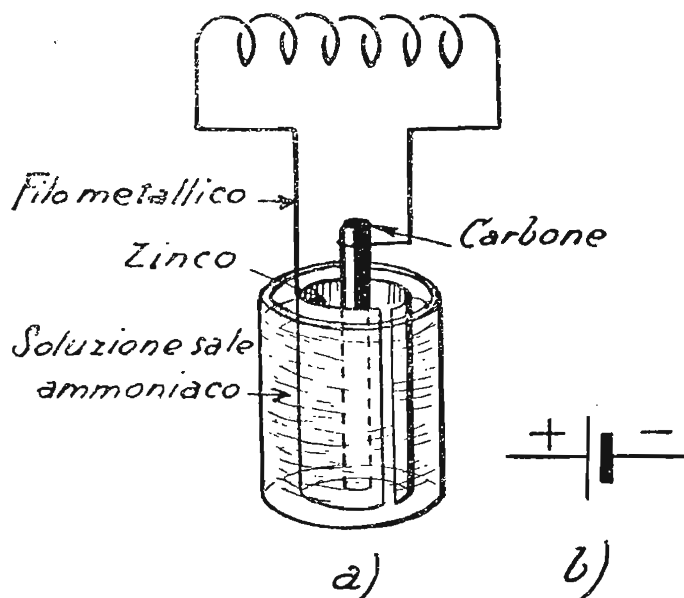


FIG. 1.

degli elettroni allo zinco. Quindi il carbone diventa positivo e lo zinco diventa negativo.

Il dispositivo esaminato costituisce una *pila*. Nella fig. 1-*b*) è rappresentato il simbolo della pila impiegato negli schemi.

Riunendo il carbone allo zinco con un filo metallico (figura 1-*a*) gli elettroni degli atomi neutri del filo metallico, vicini al carbone, passeranno negli atomi positivi del carbone e li renderanno neutri. Ma, a loro volta, gli atomi del filo metallico abbandonati dagli elettroni, diventeranno positivi ed attireranno gli elettroni degli altri atomi vicini, e così via. Gli atomi più vicini allo zinco attireranno gli elettroni degli atomi di zinco negativi. Il fenomeno è continuativo, poichè il sale ammoniaco continua a rendere il carbone positivo e lo zinco negativo, in modo che, tanti elettroni ha in più lo zinco quanti in meno ne ha il carbone.

Il fenomeno si svolge come se gli elettroni andassero dallo zinco al carbone attraverso il filo metallico e dal carbone allo zinco attraverso alla soluzione.

Questo passaggio di elettroni attraverso il filo metallico costituisce ciò che si chiama *corrente elettrica*. La velocità con la quale avviene questo passaggio di elettroni è grandissima.

Dopo un breve funzionamento della pila così costituita, si sviluppa nel suo interno dell'idrogeno, che va a depositarsi sul carbone; esso in un primo tempo ostacola, e impedisce poi, il movimento degli elettroni, per cui la corrente elettrica diminuisce a poco a poco, sino a cessare completamente.

Per evitare questo inconveniente si circonda il bastoncino di carbone con un sacchetto contenente del biossido di manganese (*depolarizzante*) che ha la proprietà di assorbire, per un tempo piuttosto notevole, lo idrogeno.

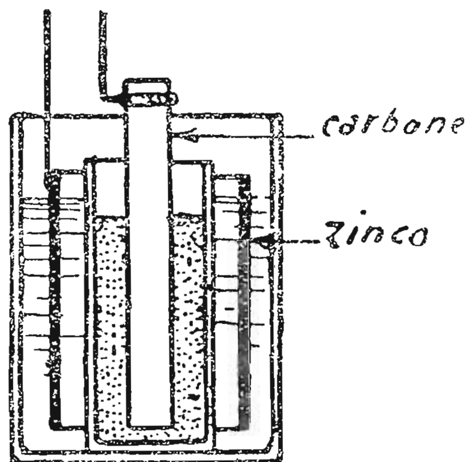


Fig. 2.

La pila descritta è chiamata *pila Leclanché* (fig. 2). Lo zinco ed il carbone si chiamano *elettrodi* della pila, i loro estremi si dicono *poli*, ed il liquido in cui sono immersi si chiama *elettrolito*.

Le pile Leclanché sono rese trasportabili, immobilizzando il liquido per mezzo di una sostanza gelatinosa, oppure con del cotone idrofilo, e si chiamano allora *pile a secco*.

3. Intensità - Tensione - Resistenza. — Più elettroni passano in un secondo da un atomo all'altro e più i fenomeni

risultanti dalla corrente sono evidenti: più intensa è la corrente. *L'intensità della corrente* è misurata dal numero degli elettroni, che passano attraverso il filo metallico in un minuto secondo. Praticamente però non si dice che l'intensità della corrente è per esempio di 1.000.000 di elettroni al minuto secondo, ma si misura la corrente in *Ampère* (A), o in sottomultipli di Ampère: un *milliampère* (m A) è un millesimo di Ampère; un *microampère* (μ *A*) è un milionesimo di Ampère.

Per dare un campione della intensità di un Ampère, si può dire che ha l'intensità di 1 Ampère la corrente che si verifica in un filo di rame collegato al bastoncino di rame ed al cilindro di zinco della pila già considerata, quando la lunghezza del filo sia di 90 metri e la sua sezione equivalente ad 1 millimetro quadrato.

Si chiama *circuito* l'insieme di tutti i conduttori percorsi dalla stessa corrente.

La corrente nel filo di rame che collega gli elettrodi della pila è dovuta all'eccesso di elettroni nello zinco, ed al difetto di elettroni nel carbone. Questa differenza tra le condizioni dello zinco e del carbone, che agisce come una pressione o *tensione* e provoca il passaggio degli elettroni, è detta anche *differenza di potenziale*. Quanto maggiore è questa differenza di condizioni, o tensione o differenza di potenziale, tanto più intensa è la corrente che ne deriva. La tensione o differenza di potenziale si misura praticamente in *Volt* (V).

Per dare un campione della tensione o differenza di potenziale, si può dire che la tensione o differenza di potenziale tra lo zinco ed il carbone della pila considerata è di circa 1,5 Volt.

Perchè un filo metallico sia percorso da una corrente elettrica occorre, in sostanza, che ai suoi estremi sia applicata una tensione o differenza di potenziale.

Vi sono dei corpi che lasciano avvenire più o meno facilmente il passaggio di elettroni di atomo in atomo descritto al n. 2, ed altri corpi invece che impediscono tale passaggio. Questi corpi, che non lasciano passare la corrente elettrica, si chiamano *isolanti*. Essi sono il quarzo, la mica, il vetro, l'ebanite, la paraffina, ecc.

I corpi indice che lasciano passare la corrente, più o meno facilmente, si chiamano *conduttori*. Essi sono l'argento, il rame, i metalli e le leghe metalliche in genere, le soluzioni saline, ecc.

Gli elettroni nel passaggio attraverso i corpi conduttori urtano contro gli atomi costitutivi dei corpi stessi e producono calore. Questa quantità di calore, prodotta dalla corrente che circola attraverso i corpi conduttori, aumenta al crescere dell'intensità della corrente.

La difficoltà di movimento degli elettroni attraverso i corpi, limita il numero degli elettroni stessi che possono attraversare il corpo nell'unità di tempo, limita cioè l'intensità della corrente elettrica. La difficoltà che incontrano gli elettroni a circolare attraverso gli atomi di un corpo si chiama *resistenza elettrica.*

Più grande è la sezione di un conduttore, più piccola è la sua resistenza elettrica, poichè gli elettroni hanno maggiore posto per attraversare il conduttore stesso.

Quanto più un conduttore è lungo, maggiore è la sua resistenza elettrica, poichè la difficoltà che incontrano gli elettroni per attraversarlo è prolungata maggiormente.

La resistenza elettrica si misura in *Ohm;* per dare un campione della resistenza di 1 Ohm, si può dire che tale è la resistenza di un conduttore di rame lungo 60 metri e di sezione equivalente ad 1 millimetro quadrato.

Si verifica che tra la differenza di potenziale V (misurata in Volt), l'intensità di corrente (misurata in Ampère) e la resistenza R (misurata in Ohm), esiste la seguente relazione: $V = R \times I$. Questa relazione si chiama *legge di Ohm.*

Per esempio: se si connettono gli elettrodi della pila (che ha una tensione di 1,5 Volt) con un filo di rame lungo 90 metri e della sezione di 1 millimetro quadrato (che ha la resistenza di 1,5 Ohm), si ottiene nel filo una corrente di 1 Ampère. Se si connettono invece con un filo di rame lungo 90 metri e della sezione di 2 millimetri quadrati, si ottiene nel filo una corrente di 2 Ampère, perchè raddoppiando la sezione del filo, la resistenza diventa metà, e quindi l'intensità della corrente diventa doppia.

4. Regolazione della corrente - Reostati. — Occorre spesso variare l'intensità della corrente che circola in un circuito.

Ciò si fa generalmente variando la resistenza del circuito mediante inserzione di resistenze variabili, costituite di materiale adatto, dette *reostati.* Una resistenza variabile, generalmente è costituita da un filo di cui si varia la lunghezza. Questo filo è avvolto a spirale, con asse rettilineo o circolare, ed

un contatto mobile, manovrato per mezzo di un pomello permette di variare la resistenza. Nella fig. 3-*a*) è rappresentato un reostato: i due serrafili *A B* fanno capo ad un estremo della resistenza ed al contatto mobile; nella posizione rappresentata in figura, la resistenza inclusa, sarebbe quella data dal filo del tratto di bobina *A C*. Nella fig. 3-*b*) è rappresentato il simbolo usato negli schemi per rappresentare un reostato.

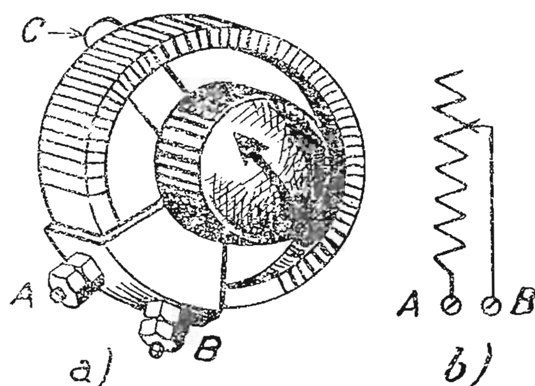


Fig. 3.

5. Capacità delle pile e loro collegamento. — Aumentando le superfici degli elettrodi, si aumenta il numero di elettroni che dal carbone vanno attraverso il sale ammoniaco allo zinco, e attraverso il filo esterno che collega il carbone con lo zinco può passare una corrente più intensa.

Dopo un periodo più o meno lungo di funzionamento la tensione della pila comincia a diminuire, e finisce (per esempio dopo 300 ore) coll'annullarsi.

Se durante questo tempo l'intensità della corrente sarà stata mantenuta costante (diminuendo la resistenza del circuito di scarica al diminuire della tensione), il prodotto di questa intensità, espressa in Ampère, per la durata della scarica, espressa in ore, misura in Ampère-ora (A O) la *capacità* della pila.

Per esempio una pila della capacità di 1,5 A O potrà erogare una corrente di 5 milliampère per 300 ore, oppure una corrente di 10 milliampère per 150 ore, prima che la tensione della pila si riduca a zero.

Per ogni tipo di pila esiste una intensità di corrente massima che la pila può erogare in modo continuo; una pila di 1,5 A O non potrebbe per esempio erogare in modo continuo la corrente di 1 Ampère.

Collegando diverse pile si costituiscono le *batterie di pile*. *Il collegamento* delle pile può esser fatto *in serie* ed *in parallelo*.

Le pile si collegano in parallelo unendo tutti i bastoncini di carbone insieme e tutti i cilindri di zinco insieme.

Ciò equivale ad avere una sola pila che ha un cilindro di zinco ed un bastoncino di carbone di una superficie tante volte maggiore di quella di una sola pila, quante sono le pile collegate insieme (fig. 4).

In questo modo, aumenta il numero degli elettroni che dai bastoncini di carbone vanno ai cilindri di zinco, e le pile così collegate, possono dare nel filo che riunisce i bastoncini di carbone con i cilindri di zinco, una corrente di intensità eguale

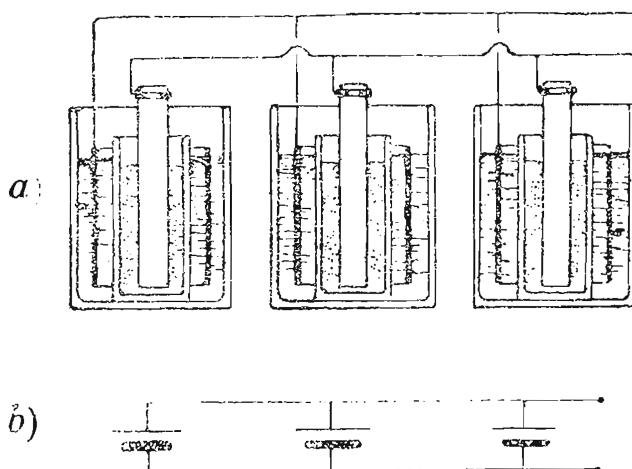


Fig. 4.

a quella che darebbe una sola pila, moltiplicata per il numero delle pile collegate in parallelo.

In questo modo la differenza di potenziale esistente tra i bastoncini di carbone ed i cilindri di zinco è uguale a quella di una sola pila, poichè la differenza tra le condizioni del carbone e dello zinco è la stessa di quella di una sola pila; aumenta invece la capacità, cioè il numero degli Ampère-ora, che sarà eguale a quella di una sola pila moltiplicato per il numero delle pile.

Le pile si collegano in *serie*, connettendo il carbone di una pila con lo zinco dell'altra, e così via (fig. 5).

Gli elettroni presi dal carbone della prima pila vengono trasportati, dal sale ammoniaco, sul cilindro di zinco della stessa pila, ed attraverso il filo di connessione vanno sul carbone della seconda pila, dove vengono trasportati sullo zinco della pila stessa, e così via. Si avrà quindi che tutti gli elettroni andranno a finire sullo zinco dell'ultima pila, cioè questo elettrodo riceverà un numero di elettroni tante volte più grande, di quello che si verifica con una sola pila, per quante

sono le pile. La differenza di potenziale, tra il primo carbone e l'ultimo zinco, è tante volte quella di una sola pila quante sono le pile collegate in serie. Se la pila ha una tensione di

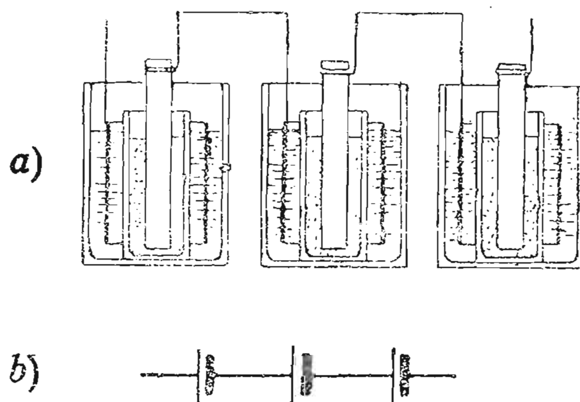


Fig. 5.

1,5 Volt, tre pile collegate in serie hanno una tensione di $3 \times 1,5 = 4,5$ Volt. È chiaro che l'intensità massima di corrente che possono erogare le pile collegate in serie e la loro capacità sono le stesse di quelle di una sola pila.

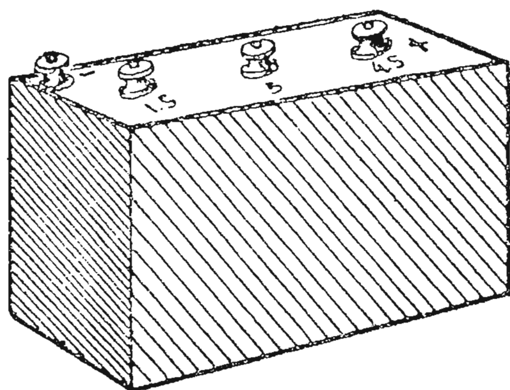


Fig. 6.

Nelle figure 4-*b* e 5-*b* sono rappresentati i simboli usati negli schemi.

Spesso le pile collegate in serie vengono unite fra loro in un blocco unico, per mezzo di una speciale sostanza isolante contenuto in una scatola di cartone (fig. 6), blocco che costituisce una batteria di pile.

6. Accumulatori: Al piombo. — Si abbia un vaso di vetro con una soluzione di acido solforico in acqua distillata, nella quale siano immerse due lastre di piombo *A* e *B* (fig. 7).

Per mezzo di due pile collegate in serie, si faccia passare la corrente attraverso l'acqua acidulata. A questo scopo basta portare la manetta del commutatore *M* sul contatto *D*.

Per effetto del passaggio della corrente, una parte dell'acido solforico si decompone e dei gas si sviluppano sulle due lastre di

piombo, le quali acquistano un colore speciale. Precisamente: la lastra collegata al polo positivo della batteria diventa di colore bruno, mentre l'altra, collegata al polo negativo, diventa grigia.

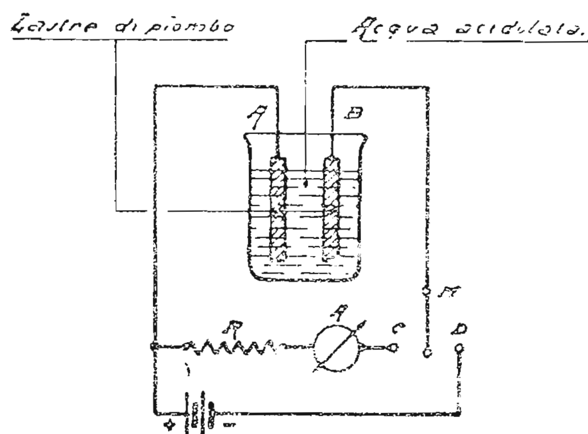


FIG. 7.

Dopo qualche tempo, se si mettono in comunicazione, attraverso la resistenza *R*, le due lastre di piombo, spostando la manetta *M* del commutatore sul contatto *C*, il galvanometro *A* (che è uno strumento il cui indice si muove dalla posizione normale quando è attraversato dalla corrente), segnala un passaggio di corrente. Il senso di questa corrente, rivelato dal senso del movimento dell'indice dello strumento, è lo stesso della corrente che sarebbe data da una batteria connessa allo strumento col polo positivo dalla parte della lastra *A* e col negativo dalla parte della lastra *B*.

Questa corrente continua per un certo tempo, poi diminuisce, e quindi cessa, mentre le due lastre di piombo ritornano allo stato primitivo.

Si deduce che il sistema formato da due lastre di piombo immerse nell'acqua acidulata, dopo essere stato attraversato dalla corrente, costituisce una specie di pila.

Questo apparecchio si chiama *accumulatore*, ed il liquido in cui sono immerse le lastre si chiama *elettrolito*, come quello delle pile.

Quando si fa attraversare l'accumulatore dalla corrente erogata dalla batteria di pile, si dice che l'accumulatore si *carica*, mentre quando esso eroga la corrente di cui è capace, si dice che l'accumulatore si *scarica*.

Per ogni tipo di accumulatore vi è una corrente massima a cui possono essere effettuate la carica e la scarica; superando questo limite si danneggia l'accumulatore.

Se dopo avere scaricato l'accumulatore, lo si fa attraversare nuovamente dalla corrente, l'accumulatore si carica di nuovo e può erogare nuovamente corrente elettrica.

Il polo positivo dell'accumulatore durante la scarica è quello collegato durante la carica al polo positivo della batteria; analogamente per il polo negativo.

La carica e la scarica sono accompagnate da modificazioni chimiche degli elettrodi.

Gli elettrodi degli accumulatori in pratica non sono formati da vere e proprie lastre di piombo; essi generalmente sono costituiti da un'armatura metallica a forma di griglia, le cui maglie sono riempite di una pasta speciale (ossidi di piombo), che costituisce la materia attiva degli elettrodi e che partecipa alla reazione chimica.

Durante la carica la differenza di potenziale tra gli elettrodi va aumentando, raggiungendo 2,5 Volt alla fine della carica.

Durante la scarica invece, la tensione cade rapidamente da 2,5 a 2 Volt, mantenendosi poi quasi costante su questo valore. Verso la fine della scarica, la tensione diminuisce rapidamente. Non bisogna mai spingere la scarica dell'accumulatore al piombo al disotto di 1,8 Volt, altrimenti avvengono delle modificazioni chimiche negli elettrodi che ne compromettono il successivo funzionamento.

Analogamente a quanto è stato detto per la pila, se si scarica un accumulatore erogando da esso una corrente d'intensità costante sino a che la tensione si riduce a 1,8 Volt, il prodotto di questa intensità espressa in Ampère per la durata della scarica espressa in ore, misura la *capacità* dell'accumulatore in Ampère-ora.

Negli accumulatori al piombo ordinari, l'intensità di corrente massima per la carica e la scarica è data dalla loro capacità divisa per 10; in altri termini la durata della carica e della scarica non deve ordinariamente essere inferiore a 10 ore.

Così un accumulatore da 60 A O, può erogare una corrente massima di 6 Ampère.

Evidentemente la capacità degli accumulatori dipende dalla superficie degli elettrodi bagnata dall'acido. Perciò per aumentare la capacità degli accumulatori, senza esagerarne le dimensioni, invece di due sole lastre, si mettono due serie di lastre alternate. Le lastre di ciascuna serie sono collegate tra loro.

Gli accumulatori si collegano tra loro come le pile, cioè in serie ed in parallelo. Circa la tensione delle batterie di accumulatori

e l'intensità di corrente che esse possono erogare, valgono le stesse considerazioni fatte sul collegamento delle pile.

Per la carica degli accumulatori non si adoperano d'ordinario le pile, come è stato sopra considerato, ma si adoperano altri generatori di corrente continua, e cioè le *dinamo* (n. 11); oppure si utilizza corrente alternata raddrizzata (n. 23).

Nella fig. 8 è rappresentato un accumulatore. Il recipiente che contiene l'accumulatore al piombo può essere di vetro, celluloide, ebanite o di altra materia isolante.

Al ferro nichel. — Gli accumulatori al ferro nichel differiscono dagli accumulatori al piombo, sia nella loro costituzione che nel loro comportamento.

Gli accumulatori al ferro nichel risultano chiusi completamente in recipienti di lamierino di acciaio nichelato ed ondulato ed hanno come elettrolito una soluzione di potassa. L'elettrodo positivo è formato da una serie di piastre, ciascuna composta da tubetti o sacchetti di lamierino di acciaio contenenti idrato di nichel e nichel puro; in qualche tipo, al posto del nichel puro, vi è grafite. L'elettrodo negativo è formato da una serie di piastre, ciascuna composta da sacchetti rettangolari perforati contenenti sesquiossido di ferro.

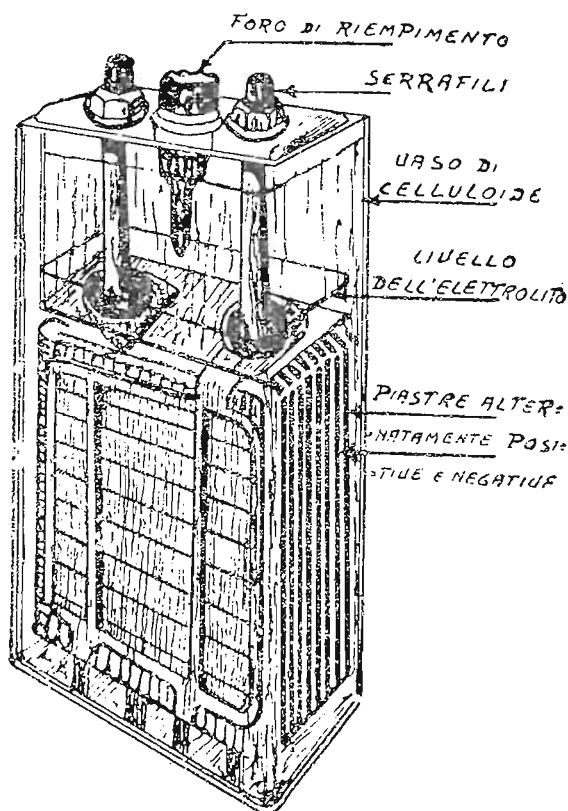


Fig. 8.

Alla fine della carica l'accumulatore al ferro nichel raggiunge una differenza di potenziale di 1,7 Volt. Generalmente è prescritta anche per questo tipo di accumulatore una determinata intensità di corrente per la carica, però essi possono essere caricati anche rapidamente, senza danno, con correnti molto intense.

Durante la scarica, la tensione degli accumulatori al ferro nichel discende rapidamente da 1,7 Volt a 1,2 Volt, mante-

nendosi in seguito quasi costante su questo valore; discende poi rapidamente al termine della scarica. La scarica si arresta quando la tensione dell'accumulatore è discesa a 0,9 Volt, perchè oltre questo limite la tensione diminuisce molto rapidamente riducendosi tosto a zero; qualora però continuando la scarica, la tensione scenda anche a zero, l'accumulatore non si deteriora, e può essere in seguito regolarmente ricaricato.

Anche per la scarica è prescritta una intensità di corrente normale di scarica, però in caso di bisogno la si può aumentare, senza che per questo l'accumulatore soffra; si può anche mettere l'accumulatore in corto circuito senza danneggiarlo.

La capacità degli accumulatori al ferro nichel viene computata al solito modo limitando la scarica al punto in cui la tensione dell'accumulatore si riduce a 0,9 Volt.

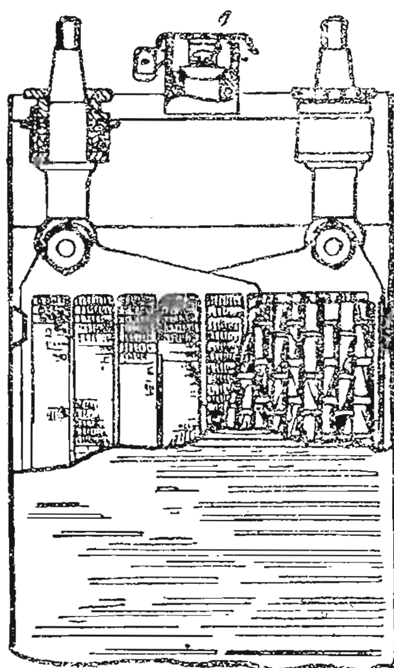


Fig. 9.

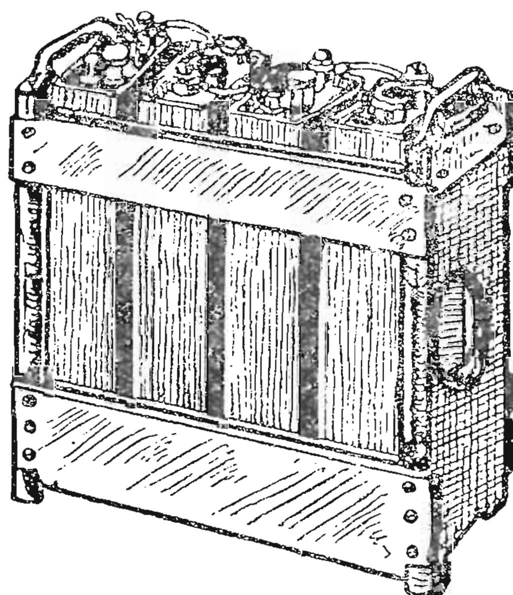


Fig. 10.

Queste proprietà degli accumulatori al ferro nichel, oltre alla loro maggiore robustezza materiale, e alla più facile manutenzione in confronto degli accumulatori al piombo, li rendono molto adatti, e preferibili a quelli, per scopi campali militari.

Nella fig. 9 è rappresentata la sezione di un accumulatore al ferro nichel e nella fig. 10, una batteria di accumulatori al ferro nichel.

7. Calamite. — Vi sono due specie di calamite: *calamite naturali* e *calamite artificiali.*

Le calamite naturali sono costituite da un minerale di ferro (magnetite) che ha la proprietà di attrarre alcuni corpi, come il ferro e l'acciaio.

Le calamite artificiali sono dei pezzi di acciaio di forma diversa (a ferro di cavallo, a spranga rettilinea, ecc.) che hanno acquistata la stessa proprietà in seguito ad un trattamento elettrico speciale.

Chiamasi « ago magnetico » una calamita artificiale avente la forma di losanga molto allungata (fig. 11). Un ago magnetico, disposto in bilico su di un perno verticale e libero di girare intorno a questo, si dispone in una certa direzione che è contenuta in un piano verticale (*meridiano magnetico*), il quale

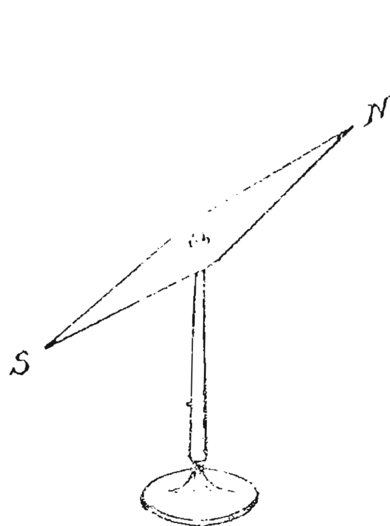


Fig. 11.

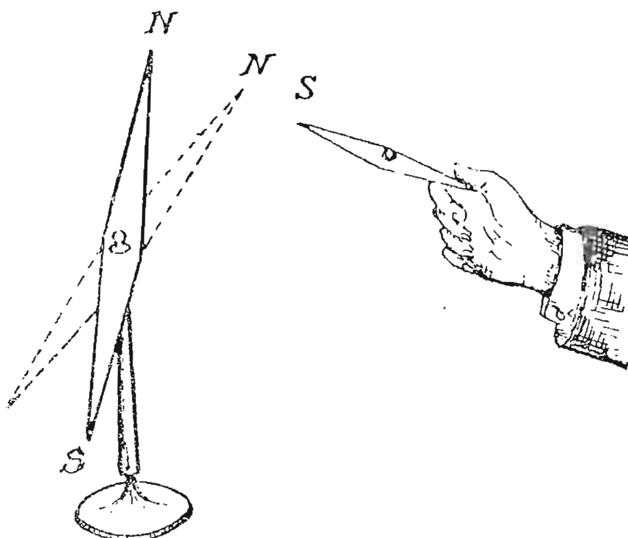


Fig. 12.

fa un piccolo angolo (*declinazione magnetica*) col piano verticale nord-sud passante per l'asse terrestre e per il punto di mezzo dell'ago (*meridiano geografico*). La punta dell'ago che si dirige verso il polo nord della terra dicesi *polo nord* dell'ago; la punta opposta *polo sud*.

Portando in presenza dell'ago un altro ago magnetico (fig. 12), si osserva che i poli dello stesso nome si respingono (nella fig. 12 la posizione iniziale dell'ago è tratteggiata) e quelli di nome contrario si attraggono.

In generale tutte le calamite presentano due poli, il nord ed il sud, aventi la stessa proprietà di quelli dell'ago magnetico.

Un pezzo di ferro dolce, avvicinato ad un polo di una calamita, diventa a sua volta calamita, con un polo di nome contrario nella parte avvicinata, ed un polo dello stesso nome dalla parte opposta. A questa magnetizzazione per *influenza* del pezzo di ferro dolce, è dovuto il fenomeno per il quale esso viene attratto dalla calamita, giacchè i poli di nome contrario si attraggono.

Un pezzo di ferro, posto nell'interno di una bobina percorsa da corrente, acquista anche esso le proprietà delle calamite, cioè attira i pezzi di ferro, acciaio o ghisa e presenta i

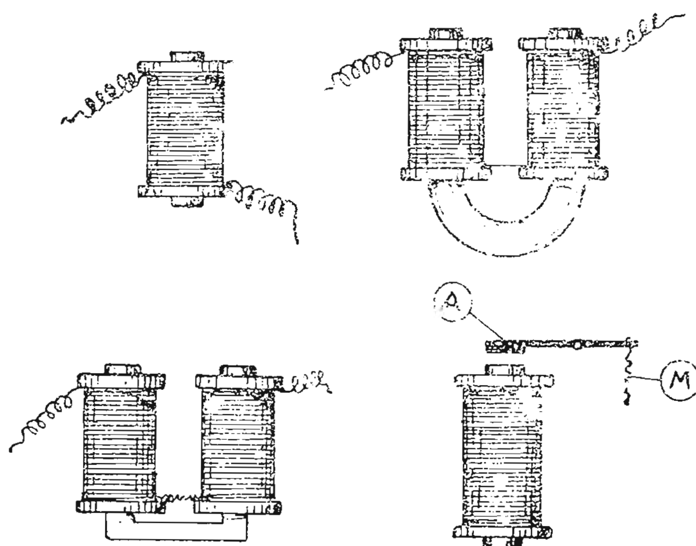


Fig. 13.

due poli nord e sud. Però se si interrompe la corrente, il ferro perde queste proprietà.

Se si fa passare la corrente in senso contrario, il ferro si calamiterà di nuovo, ma in senso contrario: quello che prima era polo nord, diventa polo sud, e viceversa.

Elettrocalamite. — Un nucleo di ferro avvolto da una bobina si chiama *elettrocalamita.* Una elettrocalamita può avere una o due bobine (fig. 13). Nel secondo caso si ha un unico nucleo piegato a ferro di cavallo o due distinti nuclei riuniti da un pezzo di ferro dolce.

Chiamasi *armatura od àncora* un pezzo di ferro dolce *A*, che si pone davanti alle estremità polari del nucleo (fig. 13) in una posizione che dicesi di riposo, ed è destinato ad essere attratto quando il filo della bobina è attraversato dalla cor-

rente elettrica. Per ricondurre l'armatura nella posizione di riposo, appena cessa la corrente, si impiega una molla M, la cui tensione dicesi comunemente *forza antagonista.*

Una bobina percorsa da corrente, anche senza nucleo di ferro, è equivalente ad una calamita, presentando come questa un polo nord ed uno sud, alle basi, come si può verificare avvicinando ad essa un ago magnetico.

Su questo fatto è fondato il *galvanometro*, apparecchio destinato a far conoscere il passaggio di una corrente lungo un conduttore e la sua direzione. Tale apparato (fig. 14) consiste in un ago magnetico A imperniato orizzontalmente o verticalmente al centro di un telaietto, attorno al quale è avvolto a più spire un filo di rame sottile isolato. Un indice I, girevole assieme all'ago, serve ad indicare la deviazione del

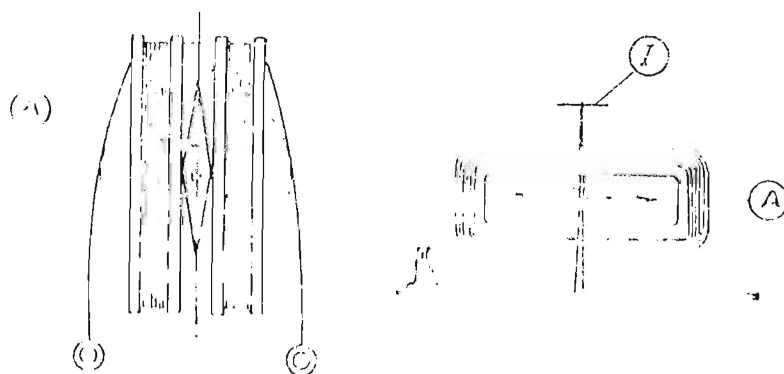


FIG. 14.

l'ago; il tutto è contenuto in una scatola con coperchio di vetro. Le due estremità del filo fanno capo a due serrafili per l'inserzione in circuito. Al passaggio della corrente, l'ago è portato a disporsi parallelamente all'asse della bobina (asse dei poli della bobina), in un senso o nell'altro, a seconda della direzione della corrente.

Se si fa circolare la corrente per un certo tempo e sempre nello stesso senso nell'avvolgimento di una elettrocalamita, si verifica che, al cessare della corrente, anche il nucleo di ferro dolce è diventato un po' calamita: si dice che il nucleo di ferro dolce ha del *magnetismo residuo.* Se il nucleo invece che di ferro è di acciaio, anche al cessare della corrente, esso conserva la calamitazione: questo perchè nell'acciaio il magnetismo residuo è maggiore che nel ferro. In questo modo si fabbricano le calamite artificiali.

8. Condensatori. — Se si taglia in un punto qualsiasi il filo metallico che riunisce i due poli d'una pila, il passaggio degli elettroni è impedito e quindi cessa la corrente. Però il polo positivo attira gli elettroni ed il polo negativo li respinge, per cui l'estremità libera del filo attaccato al polo positivo ha minor numero di elettroni dall'altra estremità connessa con il polo negativo.

Se si vuole aumentare il numero di elettroni dell'estremità negativa, bisogna far loro posto aumentandone le dimensioni. Si possono utilizzare allo scopo delle lastre metalliche.

Due di queste lastre affacciate, fra le quali si trova un mezzo che non lascia passare la corrente (per esempio: aria, carta paraffinata, mica, ecc.) costituiscono ciò che si chiama un *condensatore*. Le due lastre si chiamano *armature* del condensatore, e il mezzo interposto *dielettrico*.

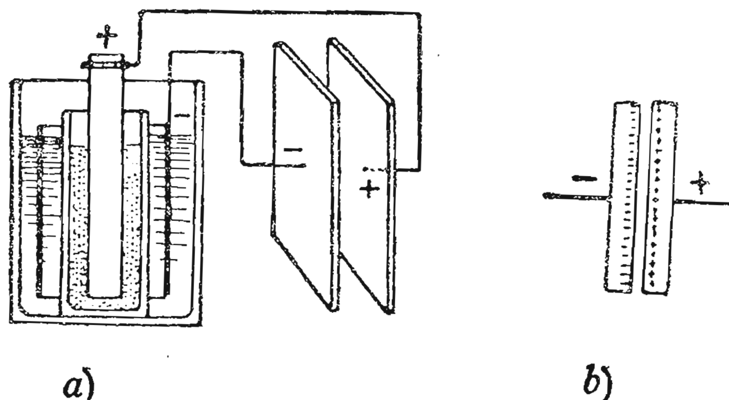


FIG. 15.

Connettendo le due armature del condensatore con i due poli di una pila (fig. 15-*a*), gli atomi deficienti di elettroni dell'armatura positiva, e gli elettroni superflui dell'armatura negativa, si attraggono reciprocamente e quest'ultimi si raccoglieranno su quella faccia dell'armatura che consente loro di essere il più possibile vicino ai primi (fig. 15-*b*).

Ma questo avviene all'inizio soltanto perchè, quando è arrivato un certo numero di elettroni sull'armatura negativa, i nuovi elettroni, che vorrebbero andare sulla stessa armatura, sono respinti da quelli giunti prima, cominciano a circolare difficilmente ed alla fine sono arrestati. Si verifica cioè una corrente elettrica di breve durata, che dipende dalle caratteristiche del condensatore.

Si dice allora che il condensatore si è *caricato*, e la corrente verificatasi è chiamata corrente di *carica*.

Un condensatore carico immagazzina una certa quantità di energia elettrica. Unendo le armature con un filo metallico si verifica una corrente elettrica di breve durata, analoga a quella riscontrata nella carica; la sua intensità diminuisce a poco a poco insieme con la differenza di potenziale tra le armature, e alla fine la corrente cessa.

Se si connettono con i due poli di una pila successivamente due condensatori, di cui uno avente superficie delle armature doppia della superficie delle armature dell'altro, quello che ha la superficie doppia riceverà un numero di elettroni doppio e quindi darà luogo ad una corrente di carica o di scarica più intensa o di maggior durata; si dice che il condensatore ha una capacità maggiore.

La *capacità* di un condensatore misura in sostanza la proprietà di immagazzinare gli elettroni.

Questa capacità dipende dall'area delle armature del condensatore; più queste sono grandi, più sono in grado di immagazzinare elettroni e più la capacità è grande.

Quando le armature sono molto lontane l'una dall'altra, gli elettroni dell'armatura negativa sono debolmente attirati dagli atomi privati di elettroni dell'armatura positiva, e quindi la possibilità di immagazzinamento di elettroni nell'armatura negativa è minore. La capacità del condensatore dipende perciò anche dalla distanza delle armature, ed è maggiore quando le armature sono più vicine, perchè in questo caso il numero degli elettroni richiamati sulla armatura negativa è maggiore.

Il metallo di cui sono costituite le armature dei condensatori non influisce sulla loro capacità, mentre invece il *dielettrico* ha una grande influenza. Per esempio un condensatore che ha per dielettrico il vetro, ha una capacità cinque volte più grande dello stesso condensatore che ha per dielettrico l'aria.

La capacità si misura in *Farad* (F). *Microfarad* (μ F) è la milionesima parte del Farad.

Per dare un campione della capacità di un Farad, si può dire che avrebbe tale capacità un condensatore avente le armature di superficie eguale a 1.150.000.000 metri quadrati, alla distanza di 1 centimetro, avendo per dielettrico aria.

Poichè il Farad sarebbe una unità troppo grande in pratica, comunemente la capacità dei condensatori si misura in microfarad, oppure in millesimi di microfarad (*m* μ F).

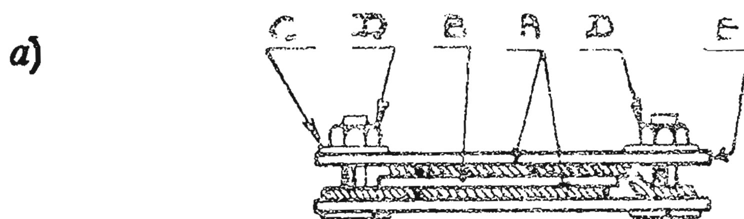
Nella fig. 16-*a* è rappresentato un condensatore a dielettrico di mica: *A* armatura metallica; *B* foglio di mica; *C* rondelle metalliche di fissaggio; *D* serrafili; *E* supporto in ebanite.

Nella fig. 16-*b* è rappresentato il simbolo usato negli schemi per i condensatori aventi una capacità invariabile e hiamati perciò *fissi*.

Spesso è necessario avere dei condensatori a capacità variabile, chiamati anche semplicemente condensatori *variabili*.

Questi si compongono (fig. 17-*a*) di due serie di armature di sagoma opportuna: una mobile ed una fissa.

a)



b)



Fig. 16.

Quando si gira l'asse delle armature mobili, facendo entrare una parte più o meno grande di ogni placca mobile tra le placche fisse, varia la capacità del condensatore.

La massima capacità di un condensatore di questo tipo, è ordinariamente di 1 millesimo di microfarad od anche una frazione di millesimo di microfarad.

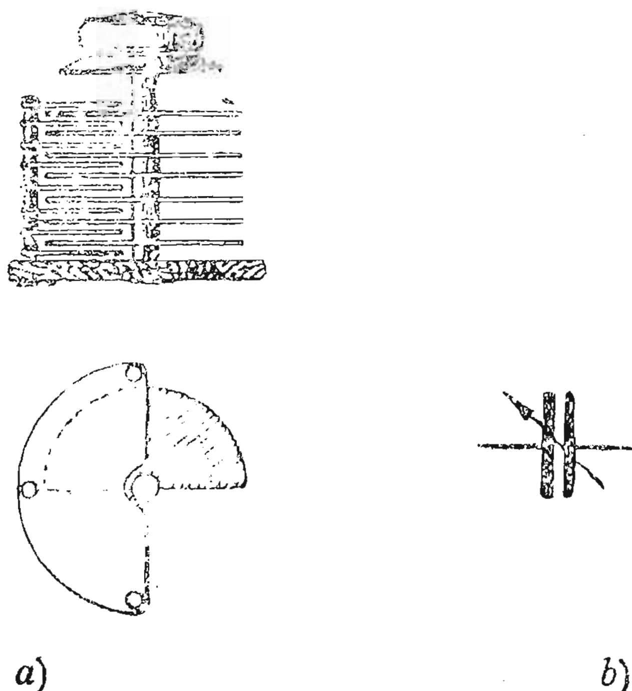
Nella fig. 17-*b* è rappresentato il simbolo del condensatore variabile usato negli schemi.

Questi condensatori variabili occupano in genere un volume maggiore di quelli fissi, ed hanno una capacità minore, perchè le armature sono ad una distanza maggiore ed il loro dielettrico è l'aria. I dielettrici solidi danno invece la possibilità di ottenere delle grandi capacità con condensatori di piccolo volume.

Il rapporto tra la capacità di un determinato condensatore con dielettrico solido, e la capacità dello stesso condensatore ad aria, si chiama *costante dielettrica* della sostanza usata per dielettrico.

Collegando due condensatori in serie, la capacità totale è minore della più piccola delle capacità di ciascun condensatore.

Supponiamo difatti di avere due condensatori collegati in serie (fig. 18-*a*). Possiamo semplificare il disegno considerando



a) *b*)

Fig. 17.

che le armature 2 - 3 siano riunite, e rappresentarle con una sola armatura (fig. 18-*b*). Ma l'armatura 2 - 3 non ha alcuna influenza sulla capacità del sistema, quindi è come se il condensatore fosse costituito dalle armature 1 - 4 (fig. 18-*c*). Nel condensatore così ottenuto, la distanza tra le armature è più grande di quella dei due condensatori, e di conseguenza la sua capacità sarà minore della capacità di uno qualunque dei due condensatori.

Collegando invece due condensatori in parallelo, la capacità risultante è uguale alla somma delle capacità dei due condensatori. Supponiamo per semplicità di avere collegati in parallelo due condensatori aventi lo stesso dielettrico e la stessa distanza tra le armature (fig. 19-*a*).

Se si avvicinano le armature dei due condensatori in modo che le armature 1 - 3 e 2 - 4 si tocchino (fig. 19-*b*), si ha un unico con-

densatore che ha come superficie delle armature la somma delle superfici delle armature dei due condensatori, cioè la capacità di questo condensatore è la somma delle capacità dei due condensatori collegati in parallelo. Lo stesso ragionamento si ripete se invece di due si hanno più condensatori.

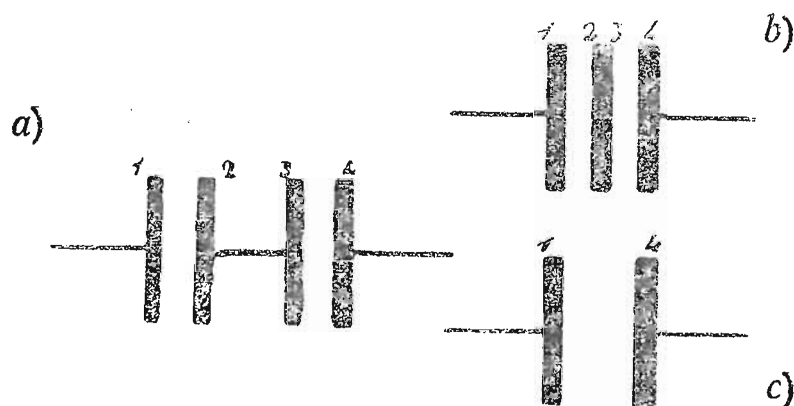


Fig. 18.

9. Induzione. — Si abbiano due fili metallici *A* e *B* paralleli alla distanza di qualche centimetro l'uno dall'altro (fig. 20). Alle estremità del filo *A* siano collegati, come è segnato in

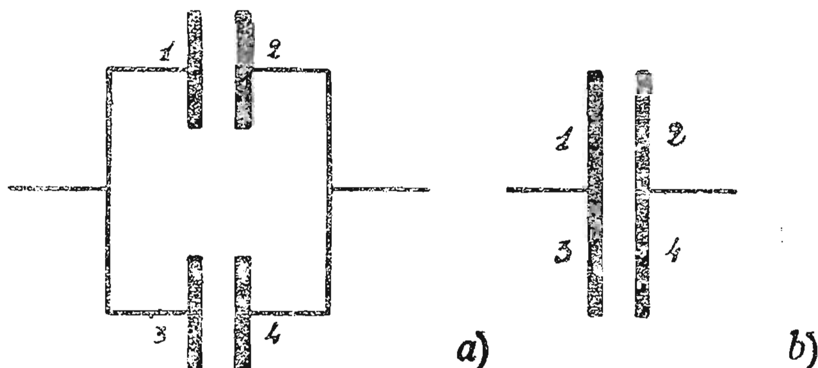


Fig. 19.

figura, la batteria *E*, l'interruttore *K* ed il reostato *R*. Alle estremità del filo *B* sia invece collegato il galvanometro *G*.

Quando l'interruttore *K* è aperto, nel filo *B* non circola corrente.

Chiudendo invece l'interruttore *K*, l'ago del galvanometro si sposta, manifestando una corrente da *o* ad *n*, per ritornare subito dopo nella sua posizione normale.

Dunque, quando si chiude l'interruttore K, degli elettroni della batteria E percorrono il filo da l ad m. Nello stesso istante nel filo B degli elettroni sono passati da o ad n, cioè nella direzione contraria, perchè il galvanometro li ha segnalati.

Eppure i due fili non hanno nessun punto in comune.

Questa corrente nel filo B è però di breve durata: continuando a tener chiuso l'interruttore, continua a circolare corrente nel filo A, ma non c'è più corrente nel filo B.

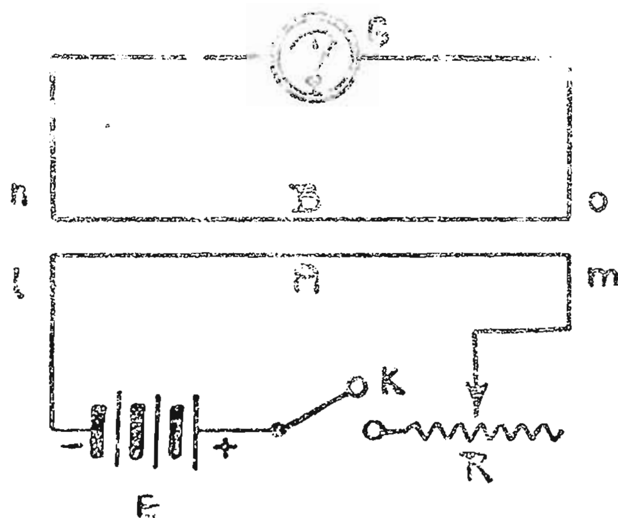


Fig. 20.

Lo stesso fenomeno si verifica se si aumenta l'intensità della corrente nel filo A, per mezzo del reostato R, oppure se, lasciando inalterata la corrente, si avvicinano i due fili A, B.

In questi due ultimi casi la corrente nel filo B da o ad n circola per tutto il tempo impiegato a produrre la diminuzione della resistenza R, oppure ad effettuare l'avvicinamento dei due fili.

La corrente in B è tanto più intensa quanto minore è il tempo impiegato ad effettuare la variazione di resistenza oppure il movimento.

Aprendo poi l'interruttore K, cioè interrompendo la corrente nel filo A, si nota che l'ago del galvanometro si sposta nuovamente, ma questa volta in direzione contraria alla precedente, indicando il passaggio di elettroni da n ad o; anche questa corrente è però di breve durata.

Lo stesso fenomeno si verifica diminuendo la corrente nel filo A per mezzo del reostato, oppure allontanando i due fili A, B.

Questo fenomeno, per il quale si producono delle correnti a distanza, si chiama *induzione;* la corrente che si verifica, si chiama *corrente indotta.*

È possibile aumentare questo effetto d'induzione dando ai due fili la forma di bobine o rocchetti e avvicinandoli opportunamente (fig. 21).

Si può pensare di aver preso due lunghi fili e di averli avvolti a spirale. In questo caso vi è un fattore che contribuisce ad aumentare l'induzione, è cioè l'induzione tra le spire della stessa bobina. Si verifica ancora che:

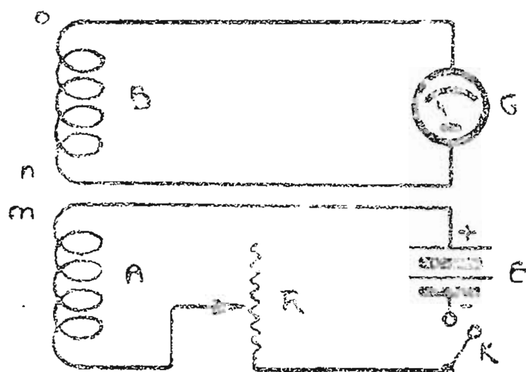


Fig. 21.

1) quando si chiude l'interruttore *K* del circuito *A*,

2) quando per mezzo del reostato si fa aumentare la corrente in *A*,

3) quando si avvicinano le due bobine,

il galvanometro nel circuito *B* segnala un passaggio di corrente sempre nello stesso senso e cioè da *o* ad *n*.

Se al contrario:

4) si apre l'interruttore *K* del circuito *A*,

5) si fa diminuire la corrente in *A*,

6) si allontanano le due bobine,

il galvanometro nel circuito *B* segnala un passaggio di corrente in senso contrario ai casi precedenti cioè da *n* ad *o*.

La bobina *B* si chiama *bobina indotta* e la bobina *A* si chiama *bobina induttrice.*

Se invece della bobina *A*, si avvicina od allontana dalla bobina *B* una calamita od elettrocalamita, si verifica ancora l'induzione, cioè in *B* si ha corrente indotta finchè dura il movimento.

Se inversamente al fenomeno descritto, tenendo chiuso l'interruttore *K*, mediante un'altra batteria si produce una corrente in *B*, e se le due bobine sono libere di muoversi, esse si allontanano o si avvicinano, a seconda del senso della corrente in *B*.

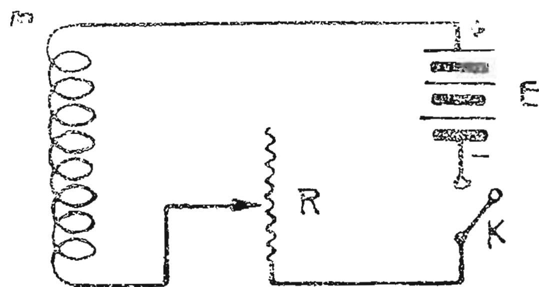


Fig. 22.

Fenomeni analoghi si verificano anche in un unico circuito contenente una bobina, come quello rappresentato nella fig. 22.

Se si chiude l'interruttore *K*, si provoca una corrente elettronica da *l* ad *m*, e nello stesso tempo, per induzione nella

bobina medesima, una corrente indotta da m ad l, contraria alla prima. Lo stesso si verifica se si aumenta l'intensità della corrente.

Analogamente, se si apre l'interruttore K, o si diminuisce l'intensità della corrente, si verifica una corrente indotta da l ad m, concordante con la corrente che si interrompe o si diminuisce.

Questo effetto di induzione che una bobina esercita su sè stessa è dovuto alla *autoinduzione* o *induttanza* della bobina, che dipende dalle caratteristiche della bobina stessa.

L'effetto della autoinduzione aumenta notevolmente se il nucleo della bobina è costituito da ferro; in questo caso i fenomeni ora descritti vengono esaltati.

Per questi fenomeni, quando si produce una variazione di corrente in una bobina, la corrente non raggiunge subito l'intensità che dovrebbe verificarsi in conformità alla legge di Ohm, perchè è contrastata dalla corrente di autoinduzione.

In questi fenomeni di induzione gli elettroni si possono paragonare a dei veicoli e l'autoinduzione all'inerzia. Difatti è difficile mettere in movimento gli elettroni, per il contrasto della corrente di autoinduzione, e viceversa, una volta in moto, è difficile fermarli, perchè la stessa corrente tende a mantenerli in moto. Così è difficile mettere subito in moto un veicolo fermo, e quando il veicolo corre, è difficile fermarlo subito, a causa dell'inerzia.

L'autoinduzione di una bobina è tanto più grande quanto maggiore è l'area delle spire della bobina, poichè la corrente passando in una di esse influisce maggiormente sulle altre; dipende dal numero delle spire, e precisamente cresce aumentando il numero delle spire; dipende dallo spazio esistente fra le spire, perchè, più le spire sono vicine, tanto maggiore è la loro influenza reciproca, e per ultimo dipende dal materiale sul quale sono avvolte le spire.

Per conseguenza, per variare l'autoinduzione di una bobina bisognerà variarne le caratteristiche indicate.

Talvolta la bobina ha vari attacchi che fanno capo a dei bottoni. Una piccola leva, girando, va a far contatto successivamente con i diversi bottoni, in modo da far variare il numero delle spire che fanno capo ai morsetti A e B (fig. 23). In detta figura, solo la parte M N della bobina fa capo ai morsetti A B.

Con questo mezzo però, l'autoinduzione non varia con continuità.

Per ottenere questo, si adopera un apparecchio chiamato *variometro.*

Se si connettono due bobine (fig. 24-*a*) l'una di seguito all'altra (in serie), in modo che nella seconda bobina la corrente circoli nello stesso senso della prima, l'induttanza dell'insieme sarà eguale alla somma delle induttanze di ciascuna bobina, se esse sono abbastanza lontane tra loro; a misura però che l'una si avvicina all'altra, l'influenza reciproca (*mutua induzione*) aumenta, ed aumenta quindi l'induttanza del sistema. Nella fig. 24-*b* le due bobine sono rappresentate col simbolo usato negli schemi.

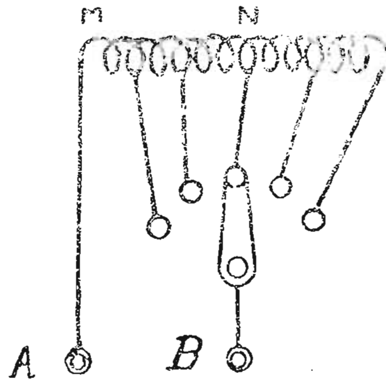


Fig. 23.

Se si connettono invece due bobine in serie, ma in modo che nella seconda bobina la corrente circoli in senso inverso alla prima, allora, avvicinando le due bobine, la mutua induzione fa diminuire

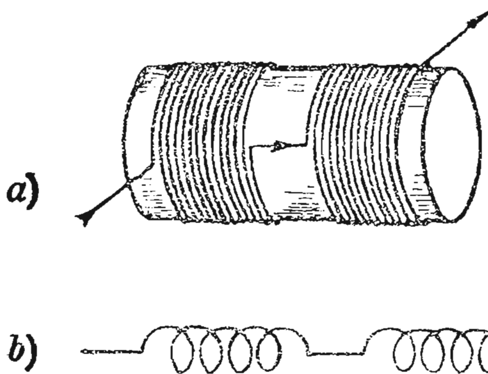


Fig. 24.

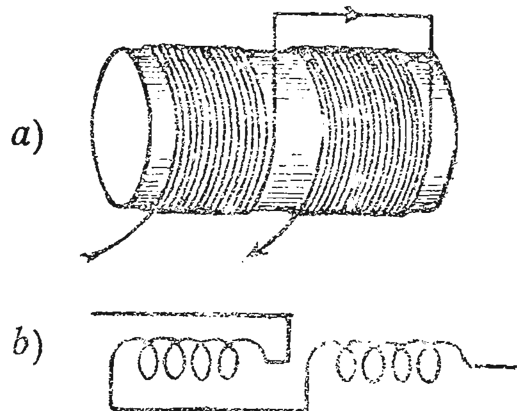


Fig. 25.

l'induttanza del sistema (fig. 25-*a*). Nella fig. 25-*b* le due bobine sono rappresentate col simbolo usato negli schemi.

Il principio del variometro (fig. 26-*a*) è il seguente: due bobine sono connesse in serie e una di esse può ruotare rispetto all'altra. Quando le spire delle due bobine sono parallele e le correnti hanno la stessa direzione, l'autoinduzione del variometro è massima; quando, in seguito a rotazione di mezzo giro della bobina mobile, le spire sono ancora parallele, ma le correnti circolano in senso contrario, l'autoinduzione è minima. Mentre la bobina mobile si sposta tra queste due posizioni estreme, l'autoindu-

zione varia in modo continuo tra i valori massimo e minimo predetti.

Nella fig. 26-*b* è rappresentato il simbolo del variometro usato negli schemi.

L'autoinduzione si misura in *Henry* (H). *Microhenry* (μ H) è la milionesima parte di un Henry.

Per dare un campione della autoinduzione di un Henry, si può dire che tale è, presso a poco, l'autoinduzione di una bobina del diametro di 50 centimetri e della lunghezza di 1 metro, su cui sono state avvolte 2200 spire di filo sottile.

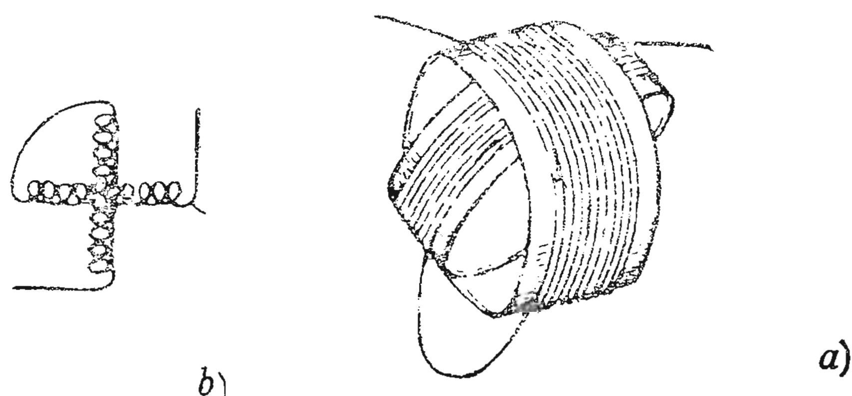


Fig. 26.

Poichè l'Henry sarebbe una unità troppo grande per la pratica, comunemente l'autoinduzione delle bobine si misura in microhenry.

10. Corrente alternata. — Si chiama *corrente alternata* una corrente che cambia periodicamente di senso, dovuta cioè ad elettroni che vanno e vengono.

La sua intensità non è costante, ma varia dal valore zero ad un massimo in un senso, ritorna poi a zero, s'inverte, raggiunge un massimo nel senso contrario, per ritornare nuovamente a zero, e così via.

Il tempo che impiegano gli elettroni per effettuare una andata ed un ritorno, ovvero il tempo impiegato dalla corrente per riassumere lo stesso valore e lo stesso senso, si chiama *periodo* o *ciclo* della corrente alternata. Il numero dei periodi per ogni secondo si chiama *frequenza*: *chilociclo* sono 1000 periodi, e *miriaciclo* sono 10.000 periodi al secondo.

Ampiezza della corrente alternata è il valore massimo che assume l'intensità della corrente in mezzo periodo.

L'intensità della corrente alternata, che è variabile da istante a istante, si misura con ampermetri speciali che ne determinano l'effetto termico. Il risultato delle misure fatte con questi strumenti, è il cosidetto *valore efficace* della corrente alternata, cioè l'intensità della corrente continua capace di produrre lo stesso effetto termico della corrente alternata.

Trattandosi d'intensità della corrente alternata, s'intende generalmente di dire intensità efficace.

La corrente alternata in un conduttore è generata da una tensione o differenza di potenziale, ai suoi estremi, alternata e della stessa frequenza. Anche della tensione alternata si considera l'ampiezza, ma più comunemente il *valore efficace*.

Si chiama *corrente a frequenza industriale* la corrente alternata usata per illuminazione e forza motrice, che ha comunemente la frequenza di 50 periodi. Si usa anche corrente alternata a frequenza minore (16 - 25) esclusivamente per forza motrice. La tensione efficace della corrente alternata usata per illuminazione è comunemente di circa 120 Volt, e quella usata per forza motrice 220.

Si chiama *corrente ad alta frequenza* la corrente alternata che ha frequenza superiore ai 10.000 periodi al minuto secondo. In radiotelegrafia si utilizzano correnti che hanno frequenze variabili da 10.000 a 15.000.000 di periodi al minuto secondo.

Reattanza di capacità. — Se il numero degli elettroni dell'armatura negativa di un condensatore, aumenta o diminuisce, si avrà rispettivamente una diminuzione od un aumento di elettroni sull'altra armatura.

Se un'armatura, per esempio, diventa alternativamente positiva e negativa, l'altra diventerà negativa e positiva, e succede come se una corrente alternata traversasse il condensatore.

Quando il periodo della corrente alternata è molto breve, cioè la frequenza è elevata, pochi elettroni avranno il tempo di ammassarsi sulle armature, e perciò un condensatore, di piccola capacità sarà sufficiente per far passare una corrente di una certa intensità. Ma quando la corrente è a bassa frequenza ed il periodo è relativamente lungo, molti elettroni hanno il tempo di ammassarsi sulle armature del condensatore, e per far passare la stessa corrente, occorre dar loro uno spazio sufficiente, bisogna cioè usare un condensatore di maggiore capacità.

Si verifica in altri termini che, mentre un condensatore arresta la corrente continua, esso lascia passare quella alternata;

la intensità di questa corrente, per una certa tensione applicata, è tanto maggiore quanto più grandi sono la capacità del condensatore e la frequenza della tensione. Quanto più grandi sono questi elementi, tanto minore è l'ostacolo che il condensatore offre al passaggio della corrente, quello cioè che si chiama *resistenza* o *reattanza di capacità* del condensatore.

Reattanza magnetica. — Una tensione alternata che agisce ai capi di una bobina, per effetto dell'autoinduzione (che come abbiamo visto ha un effetto analogo a quello dell'inerzia), incontra difficoltà a mettere gli elettroni in movimento.

Più l'autoinduzione è grande e più la frequenza è elevata e maggiore difficoltà incontra la corrente a circolare nella bobina; cioè diventa maggiore l'ostacolo che la bobina offre alla corrente alternata, cioè quello che si chiama *reattanza magnetica* delle bobine.

L'insieme della resistenza, della reattanza di capacità, e della reattanza magnetica costituisce l'*impedenza*, che comprende così tutti gli elementi dai quali dipende l'ostacolo al passaggio della corrente in un circuito, od in altri termini l'intensità di corrente che può produrre una certa differenza di potenziale.

Accoppiamenti. — Per trasmettere l'energia elettrica da un circuito ad un altro vi sono tre metodi:

1) quando i due circuiti sono uniti con un filo conduttore si ha l'*accoppiamento elettrico;*

2) quando di un circuito fa parte una bobina e dell'altro un'altra bobina vicina alla prima, ma senza nessun legame materiale con la prima, si ha l'*accoppiamento elettro-magnetico o induttivo*. Il complesso delle due bobine accoppiate induttivamente si chiama *trasformatore;*

3) quando ad un circuito è unita l'armatura di un condensatore, mentre l'altro circuito è unito all'altra armatura, si ha l'*accoppiamento per capacità*.

Il primo metodo serve per la corrente continua e per quella alternata o comunque variabile; gli altri due, soltanto per la corrente alternata o variabile.

11. Cenni sulle macchine elettriche. — Da quanto è stato detto circa i fenomeni d'induzione (n. 9), risulta che è possibile:

1) trasformare energia elettrica in energia elettrica, mediante i fenomeni di induzione dovuti alla variazione di corrente nel sistema induttore;

2) trasformare energia meccanica in energia elettrica e, viceversa, trasformare energia elettrica in energia meccanica, per mezzo dei fenomeni di induzione dovuti al movimento relativo tra il sistema induttore ed il sistema indotto.

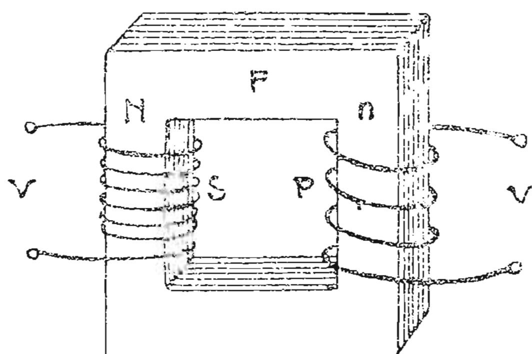


Fig. 27.

Su questi principî è fondato il funzionamento delle macchine elettriche.

Il primo permette di spiegare il funzionamento del *trasformatore*. Un trasformatore è costituito da un nucleo di ferro dolce (fig. 27) sul quale sono disposti due avvolgimenti, di cui uno formato di poche spire di filo relativamente grosso, e l'altro formato da un numero maggiore di spire di filo relativamente sottile.

Se in uno dei due avvolgimenti (primario P) si fa circolare una corrente variabile, per induzione si avrà nell'altro (secondario S) una corrente variabile in modo analogo; se in particolare la corrente è alternata, si avrà nel secondario una corrente pure alternata e della stessa frequenza.

Si dimostra che la tensione applicata al primario, sta alla differenza di potenziale che si ottiene ai capi del secondario, nello stesso rapporto dei numeri delle spire del primario e del secondario. Questo rapporto si dice *rapporto di trasformazione.*

Se n è il numero delle spire del primario P, N quello delle spire del secondario S, v la differenza di potenziale applicata al primario, V la differenza di potenziale risultante ai capi del secondario, si ha:

$$\frac{v}{V} = \frac{n}{N}$$

e se, come rappresentato in figura, n è minore di N, V risulta più grande di v: il trasformatore funziona da *elevatore* di tensione.

Se invece la tensione v fosse applicata all'avvolgimento avente N spire, detta V la tensione risultante ai capi dell'avvolgimento avente n spire, si avrebbe:

$$\frac{v}{V} = \frac{N}{n}$$

e quindi V sarebbe minore di v: il trasformatore funzionerebbe da *riduttore* di tensione.

Il nucleo di ferro serve per aumentare l'effetto induttivo. Piccoli trasformatori, con le due bobine avvolte l'una sopra l'altra su un unico nucleo, costituiscono ciò che si dice anche un *rocchetto d'induzione*.

Anche nella massa di ferro del nucleo si generano per induzione delle correnti; queste correnti sono dette *parassite*, perchè rappresentano una energia che si perde sotto forma di calore, il quale riscalda dannosamente la macchina.

Si procura di evitare queste correnti facendo il nucleo non

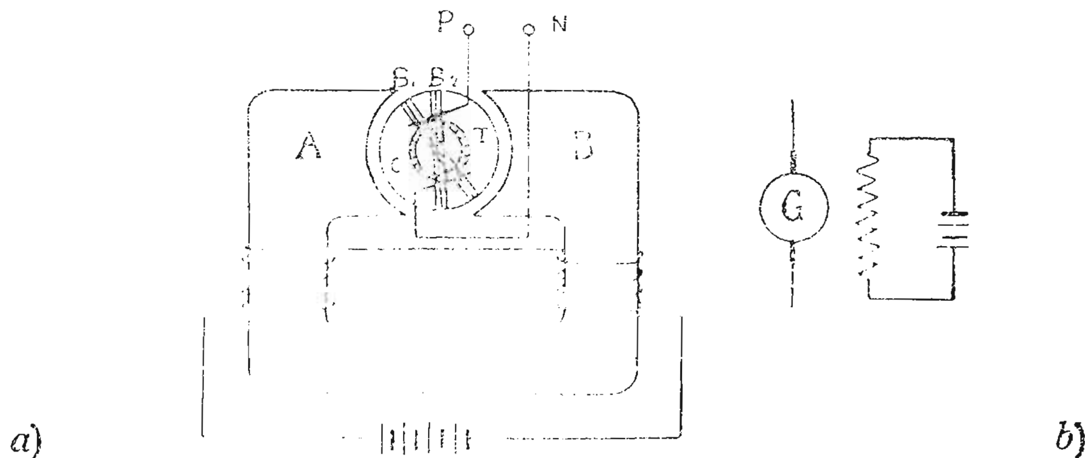


Fig. 28.

massiccio, ma costituito con lamierini isolati tra loro con carta velina.

Lo stesso procedimento si attua anche nei nuclei di ferro delle altre macchine elettriche soggetti a divenire sede di correnti indotte.

Sul secondo dei principî sopraesposti si basa il funzionamento delle *dinamo*, degli *alternatori* e dei *motori*.

La dinamo è una macchina che produce corrente continua, l'alternatore è una macchina che produce corrente alternata.

Dinamo. — Nella dinamo la corrente generata è una corrente indotta per il movimento di bobine avvolte su di un nucleo di ferro in presenza di calamite od elettrocalamite.

Gli elementi di una dinamo sono:

a) un *induttore* fisso formato da una calamita od elettrocalamita A B (fig. 28) avente, per esempio, la forma rappresentata in figura;

b) un *indotto* mobile intorno ad un asse O, costituito generalmente da un cilindro o tamburo T di ferro dolce laminato, sul quale sono avvolte delle bobine B_1 B_2 ecc. composte ciascuna di diverse spire ravvicinate. L'indotto è trascinato nella sua rotazione da un generatore di energia meccanica, per esempio motore a scoppio;

c) un *collettore* C, anello formato da tanti segmenti di rame isolati quanti sono i gruppi di spire dell'indotto, che ha lo scopo di trasformare la corrente alternata indotta nelle bobine, nella corrente continua che si raccoglie alle spazzole N, P.

L'eccitazione della dinamo, cioè il modo di produrre la corrente che percorre le bobine dell'induttore, può essere indipendente, in serie, in derivazione o composta. Nel primo caso,

a) *b*) *c*)

FIG. 29.

usato eccezionalmente, la corrente è prodotta da una sorgente esterna per esempio accumulatori, come è rappresentato nella fig. 28-*a*. Nella fig. 28-*b* è rappresentato schematicamente lo stesso tipo di dinamo. Nel caso della eccitazione in serie, le bobine indotte e quelle induttrici sono collegate in serie, e tutta la corrente prodotta dalla macchina percorre le bobine induttrici (fig. 29-*a*); nell'eccitazione in derivazione le bobine induttrici sono collegate in derivazione sulle bobine indotte (fig. 29-*b*). Nell'eccitazione composta gli avvolgimenti delle bobine induttrici sono in parte in derivazione ed in parte in serie con l'avvolgimento indotto della dinamo (fig. 29-*c*). In genere un reostato, opportunamente inserito, serve a regolare l'intensità di corrente.

Le dinamo sono i generatori spesso impiegati per la carica degli accumulatori.

Alternatore. — L'alternatore è una dinamo in cui manca il collettore, mentre le spazzole strisciano su anelli di rame interi. Il tipo più semplice di alternatore, è costituito da una calamita (fig. 30), tra le cui espansioni polari si fa ruotare una bobina attorno ad un asse. Il filo della bobina è percorso da corrente indotta, che, ad ogni mezzo giro della bobina, cambia di direzione (corrente alternata).

I capi della bobina sono collegati ai due anelli collettori, dai quali le spazzole raccolgono la corrente.

Talvolta i due capi della bobina sono collegati rispettivamente con una estremità dell'asse, che in tal caso è isolata, e con la massa dell'apparecchio; la corrente si raccoglie da due molle che, durante il movimento, tengono il contatto con l'e-

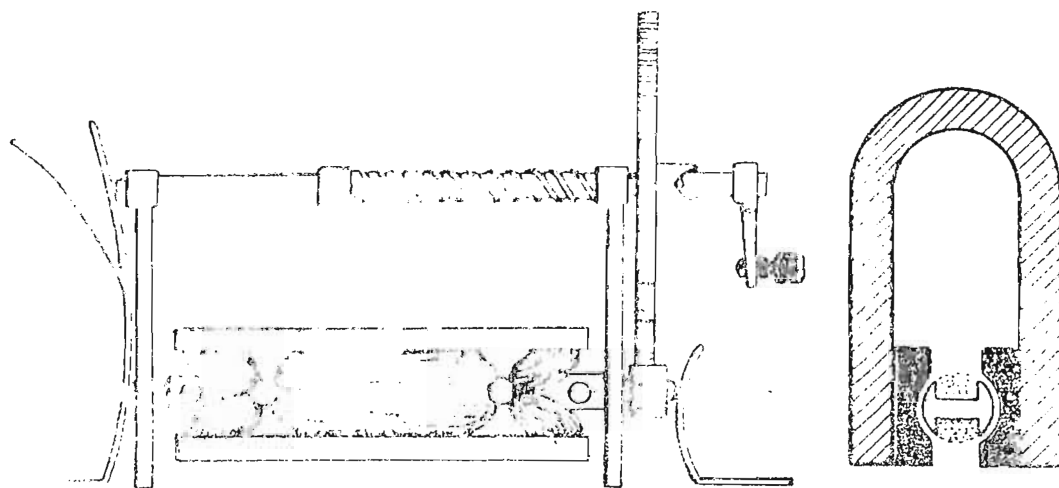


Fig. 30.

stremità dell'asse isolato e con l'altra che è a contatto con la massa.

Questo semplice tipo di alternatore, generalmente azionato a mano, con manovella a ingranaggio, si chiama *macchinetta magneto-elettrica.*

Comunemente, negli alternatori, anzichè di due soli poli, come nella macchina rappresentata nella fig. 28-*a*, l'induttore degli alternatori è fatto di numerosi poli, ed è interno e girevole, mentre invece l'indotto è esterno e fisso.

In conseguenza, la corrente generata nell'indotto si raccoglie con morsetti fissi, e le spazzole striscianti sugli anelli servono a portare la corrente di eccitazione all'induttore; questa corrente è generalmente prodotta indipendentemente dall'alternatore, da una dinamo detta di eccitazione.

Motori elettrici. — Sono macchine costituite essenzialmente come le dinamo e gli alternatori.

Queste macchine che funzionano come generatrici di corrente elettrica, quando si fornisce loro energia meccanica che esse trasformano in elettrica, possono funzionare anche come motori, fornendo loro energia elettrica, che esse trasformano in energia meccanica.

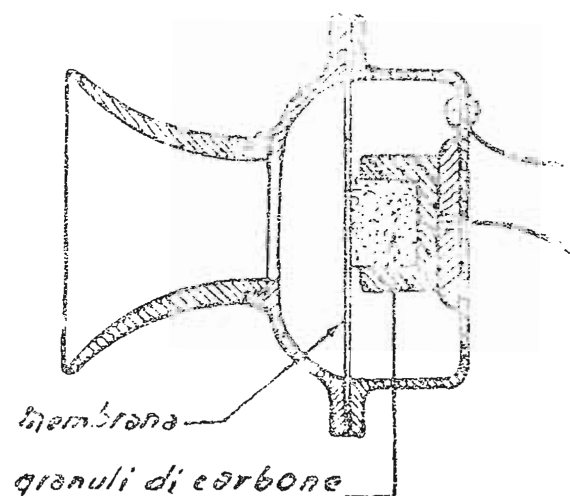


Fig. 31.

12. Microfono e telefono. — Il microfono è un apparecchio capace di trasformare le vibrazioni acustiche di un suono, in variazioni di intensità di corrente elettrica.

Il microfono è costituito da piccoli granuli di carbone, contenuti tra una lamina elastica (membrana) di carbone o metallica ed una scatoletta metallica (fig. 31).

La membrana è isolata dalla scatola per mezzo di una rondella isolante. Un coperchio forato tiene fermo per il bordo la lamina; sul coperchio è avvitata una imboccatura davanti alla quale si produce il suono.

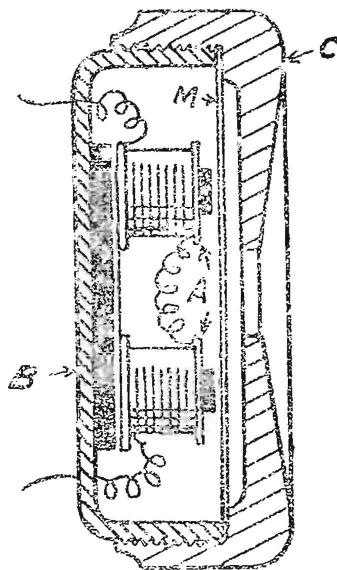


Fig. 32.

Inserendo un microfono nel circuito di una pila, la corrente circola attraverso il carbone. Il carbone ha la proprietà di cambiare la propria resistenza variando la pressione alla quale è sottoposto, poichè, più i granuli sono compressi tra loro, maggiore è la superficie comune di contatto ed il passaggio degli elettroni è facilitato. Esercitando una pressione più o meno forte sulla membrana, il microfono sarà attraversato da una corrente più o meno intensa.

Parlando davanti ad un microfono, le particelle d'aria messe in vibrazione dalle onde sonore, fanno vibrare la membrana; l'intensità della corrente che traversa il microfono segue tutte le variazioni del suono, perchè ogni onda sonora fa variare la resistenza del microfono

Il *telefono* è un apparecchio capace di ritrasformare in vibrazioni acustiche le variazioni di corrente prodotte dal microfono; esso è composto da un'elettrocalamita alla quale è affacciata una lamina di ferro (fig. 32).

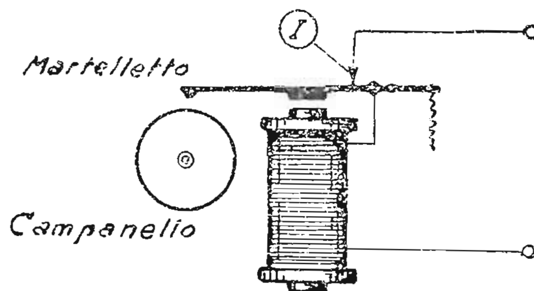


Fig. 33.

L'elettrocalamita dei telefoni è generalmente composta di due nuclei di acciaio calamitati; la corrente variabile che circola nelle bobine aumenta o diminuisce la calamitazione.

Nella fig. 32 è rappresentato come è costituito un telefono:

A) elettrocalamita, *B* scatola del telefono, *C* padiglione del telefono che tiene ferma per il bordo la lamina vibrante *M*.

Se nella bobina dell'elettrocalamita circola una corrente variabile, la membrana elastica di ferro vibrerà perchè sarà attirata più o meno dall'elettrocalamita. Quando il telefono è traversato da una corrente variabile prodotta da un microfono, la membrana vibra traducendo in vibrazioni meccaniche le variazioni della corrente, e riproducendo il suono prodotto davanti al microfono.

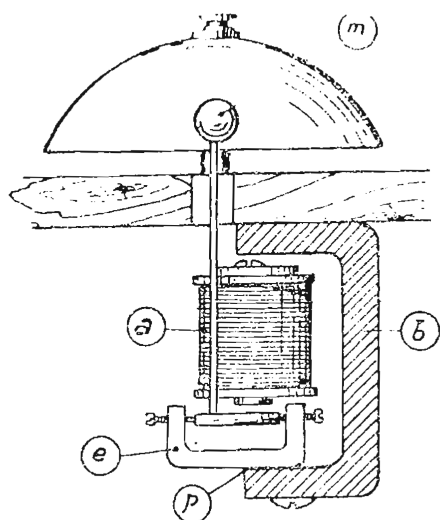


Fig. 34.

13. Soneria elettrica. — Il tipo comune, detto a tremolo (fig. 33), si compone di una elettrocalamita, la cui armatura porta un martelletto che batte su un campanello.

Al passaggio della corrente, generalmente data da pile, l'armatura è attratta ed il martelletto dà un colpo nel campanello; con ciò però si interrompe in *I* la corrente, l'elettrocalamita cessa di tenere attratta l'armatura, che viene allontanata dalla molla antagonista. Così però si chiude nuovamente il circuito, ed il fenomeno diventa continuativo, talchè la soneria dà il suono dovuto ai successivi colpi del martelletto sul campanello, che continuano sino a che continua l'applicazione della corrente alla soneria

Tipo speciale di soneria, è quella detta *polarizzata*. È costituita (fig. 34) da una elettrocalamita *a*, avviluppata da una forte calamita permanente *b*, nel cui polo *p* è fissato il sostegno *e* dell'armatura di ferro dolce, le estremità della quale vengono a risultare di fronte ai poli dell'elettrocalamita. L'armatura resta così polarizzata per influenza, sicchè tutta la sua faccia superiore assumerà una polarità di un determinato nome. Solidale con l'armatura è il martelletto *m* che può oscillare fra due campanelli. Allorchè passa corrente nella bobina, quel nucleo che acquista la stessa polarità della faccia superiore dell'armatura, la respinge mentre l'altro nucleo l'attrae.

Invertendosi la corrente succede lo stesso fenomeno in senso contrario. Applicando alla soneria corrente alternata, il martelletto batte alternativamente sui due campanelli e si ha il suono.

14. Telegrafia. — La telegrafia elettrica si attua mediante emissioni di corrente di durata varia o variamente combinate, su una linea che collega le stazioni telegrafiche corrispondenti.

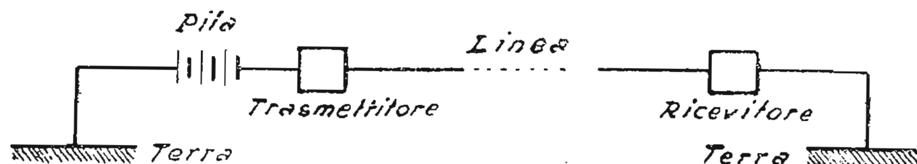


FIG. 35.

Generalmente la *linea* o *circuito*, è *mista*, è cioè costituita da un solo conduttore, mentre la terra costituisce il secondo conduttore necessario per costituire il circuito.

Ciascuna stazione telegrafica comprende essenzialmente (fig. 35):

un trasmettitore, che serve a chiudere od interrompere il circuito, stabilendo ovvero interrompendo la comunicazione della linea con la batteria di pile;

un ricevitore, che serve ad utilizzare gli effetti delle emissioni di corrente, per rendere il segnale, ed è costituito essenzialmente da un elettromagnete che attira l'àncora durante l'emissione di corrente e la lascia andare al cessare della corrente. Il segnale è senz'altro raccolto ad udito ed interpretato dall'operatore (colpo e contracolpo dell'àncora attratta e rilasciata dall'elettromagnete), oppure tradotto graficamente da un apparecchio *traduttore*, che fa parte del ricevitore.

In ciascuna stazione la stessa linea, a vicenda, viene collegata all'apparecchio trasmettitore, per trasmettere, o all'apparecchio ricevitore, per ricevere.

15. Telefonia. — La telefonia realizza la trasmissione della parola, mediante una corrente elettrica (telefonica), che ha una intensità resa variabile (modulata) per azione della parola

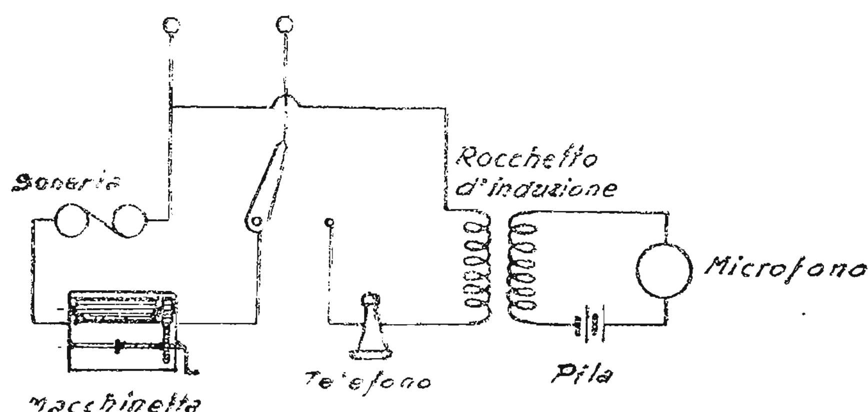


FIG. 36.

stessa pronunciata alla stazione trasmittente, e che, raccolta dalla stazione ricevente, riproduce la parola.

Generalmente la linea che collega le due stazioni è a due conduttori; eccezionalmente può essere mista.

Ciascuna stazione telefonica è costituita essenzialmente da un *apparato telefonico* (fig. 36) che comprende:

Organi di trasmissione: Sono il *microfono*, la ***batteria di pile*** (generalmente due elementi in serie) ed il ***rocchetto d'induzione.***

Organo di ricezione: È il telefono.

Organi di chiamata: Sono una *macchinetta magneto-elettrica* per effettuare la chiamata, ed una soneria polarizzata per riceverla.

Un commutatore, per collegare la linea a vicenda agli organi di chiamata (collegamento normale di riposo) ed a quelli di conversazione (trasmissione e ricezione).

NOZIONI DI RADIOTELEGRAFIA E RADIOTELEFONIA

CAPO SECONDO

16. Stazioni e posti r. t. — Una stazione radiotelegrafica (r. t.) comprende:

un'antenna (chiusa o aperta) destinata ad irradiare ed a ricevere le onde;

degli apparecchi di trasmissione e ricezione, che si accoppiano con l'antenna secondo che si tratta di trasmettere o di ricevere.

In generale quindi, il radiotelegrafista non può ricevere mentre trasmette.

In alcuni tipi di stazioni r. t. di recente costruzione con antenna chiusa (telaio), sono stati adottati dei dispositivi speciali che permettono di tenere contemporaneamente in funzione con lo stesso telaio e sulla stessa onda, il trasmettitore ed il ricevitore, consentendo così all'operatore, mentre trasmette, di avvertire gli eventuali segnali della stazione corrispondente.

Il servizio viene ad essere in questo modo molto agevolato, poichè nel caso in cui la stazione ricevente non abbia potuto ricevere un certo segnale, ne chiede subito la ripetizione alla corrispondente senza aspettare che questa abbia ultimata la sua trasmissione.

Si dice che queste stazioni consentono l'*interruzione*; in queste stazioni viene realizzata la perfetta eguaglianza dell'onda, sia in trasmissione che in ricezione, e perciò sono chiamate *isoonda*.

Nell'esercito sono usati anche dei posti radiotelegrafici (r. t.) semplicemente ricevitori: essi comprendono in conseguenza soltanto l'antenna e gli apparecchi di ricezione.

17. Onde elettromagnetiche – Antenna. — Si ammette l'esistenza di una materia imponderabile chiamata *etere* che riempie tutti gli spazi, compresi quelli esistenti tra le parti che compongono gli atomi.

Quando in un conduttore si verifica una corrente elettrica ad alta frequenza, cioè un rapidissimo movimento di elettroni alternativamente nei due sensi, nelle parti di etere circostanti, si produce una oscillazione che si propaga rapidamente.

Gettando un sasso in uno stagno, sulla superficie dell'acqua dal punto in cui la pietra è caduta si propagano delle onde circolari. Queste onde sono dovute al fatto che le particelle d'acqua vicine al punto colpito entrano in oscillazione, e trasmettono il loro moto oscillatorio alle altre adiacenti, queste alle successive, e così di seguito.

Analogo sarebbe il fenomeno che si produce nell'etere quando il rapido movimento di elettroni lo mette in vibrazione. Le parti di etere vicine agli elettroni vibrano trasmettendo le loro vibrazioni alle successive, e così di seguito. Per analogia con il movimento provocato nell'acqua dalla caduta del sasso, anche nel movimento dell'etere, si parla di *onde elettromagnetiche.*

Se si produce nell'antenna di una stazione trasmittente una corrente ad alta frequenza, si determinano delle onde che si propagano nello spazio intorno ad esso. Quando viceversa le onde investono l'antenna ricevente ne fanno oscillare gli elettroni, cioè generano in quest'antenna una corrente della stessa frequenza di quella che ha provocato le onde (fig. 37). L'intensità di questa corrente, a parità di altre condizioni, diminuisce al crescere della distanza che separa la stazione ricevente da quella trasmittente.

Il conduttore nel quale si verifica la corrente ad alta frequenza è parte essenziale di ogni dispositivo radio, per la trasmissione e per la ricezione; esso costituisce ciò che si chiama l'antenna, la quale può essere aperta o chiusa.

L'antenna aperta è costituita da un aereo e dalla relativa presa di terra. L'aereo consta di uno o più conduttori, (in genere di bronzo fosforoso), isolati da terra, tesi e sostenuti in alto mediante alberi e connessi opportunamente con gli apparati della stazione o del posto r. t. La presa di terra, che completa l'antenna aperta, è costituita da uno o più conduttori oppure da una o più reti di filo di bronzo fosforoso, distesi al suolo in buon contatto elettrico con la terra e connessi opportunamente con gli apparati della stazione o del posto r. t.

Nei luoghi in cui il suolo è asciutto, roccioso, con acqua ad una notevole profondità, è difficile realizzare una buona presa di terra. In tali casi si può adoperare una capacità di terra, *contrappeso*, costituita semplicemente da una massa metallica isolata oppure da diversi fili metallici anche essi isolati, posti a breve distanza dal suolo. Si viene in questo modo a costituire l'armatura superiore di un condensatore, di cui l'altra armatura è formata dagli strati più umidi della terra, ad una

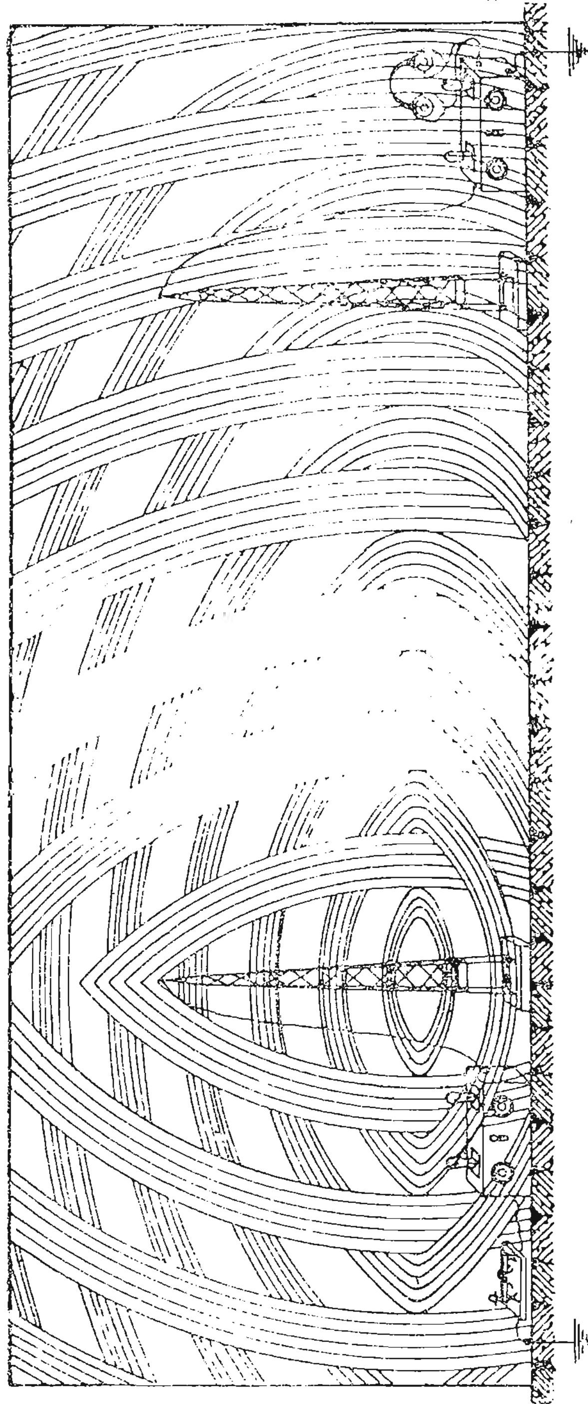


Fig. 37.

certa profondità dalla superficie. Per quanto riguarda l'antenna aperta, il contrappeso sostituisce la terra.

L'aereo con contrappeso è in particolare impiegato a bordo dei velivoli.

L'antenna chiusa (*telaio*) è costituita da una o più spire di filo metallico aventi un diametro piuttosto grande; gli estremi dell'avvolgimento costituenti la spira o le spire sono connessi opportunamente con gli apparati. I telai sono specialmente usati nella ricezione, ma talvolta anche nella trasmissione r. t.

18. Circuito oscillante. — Supponiamo di avere un condensatore carico (fig. 38), con le armature 1 positiva e 2 negativa connesse con gli estremi di una bobina di autoinduzione.

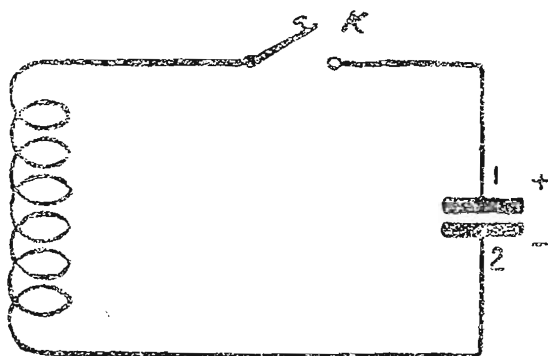


Fig. 38.

Chiudendo l'interruttore *K* si produrrà la scarica attraverso la bobina, ma siccome la bobina ha una certa induttanza, la corrente si stabilirà aumentando a poco a poco; quando poi, per effetto della scarica, la differenza di potenziale tra le armature sarà diventata nulla, si avrà ancora una corrente indotta nella stessa direzione. Per un certo tempo questa corrente trasporterà ancora degli elettroni dall'armatura 2 all'armatura 1, e quindi l'armatura 1 diventerà negativa e l'armatura 2 positiva.

Il condensatore si sarà così ricaricato in senso contrario a quello di prima, talchè si determinerà una seconda scarica, in modo analogo a quello descritto. Gli elettroni in seguito continueranno ad oscillare alternativamente tra le armature 1 e 2 del condensatore, traversando la bobina ora in un senso ora nell'altro.

Il circuito formato dal condensatore e dalla bobina è chiamato *circuito oscillante* ed è essenziale negli apparecchi radio.

La corrente, percorrendo il filo metallico, perde una parte della energia che era accumulata nel condensatore carico, e perciò le successive oscillazioni di corrente diminuiscono di ampiezza, fino a cessare completamente.

Per mantenere costante l'ampiezza dell'oscillazione, bisogna fornire continuamente energia al circuito prendendola da una sorgente esterna.

Il movimento degli elettroni nel circuito oscillante rassomiglia a quello di un pendolo, che, dopo aver raggiunto la sua posizione normale (filo verticale), continua ancora il movimento per inerzia, poi torna indietro, passa dall'altra parte, ecc. Anche le oscillazioni del pendolo diminuiscono di ampiezza a poco a poco in seguito alla perdita di energia dovuta alla resistenza dell'aria.

Negli orologi a pendolo, per mantenere costante l'ampiezza delle oscillazioni, si dànno al pendolo stesso, dei piccoli impulsi ad ogni oscillazione, valendosi della energia accumulata, per esempio, in una molla.

Il fenomeno esaminato nel circuito oscillante è rappresentato graficamente nella fig. 39, in cui, lungo la retta *A B* è rappresentato il procedere del tempo e con segmenti perpendicolari

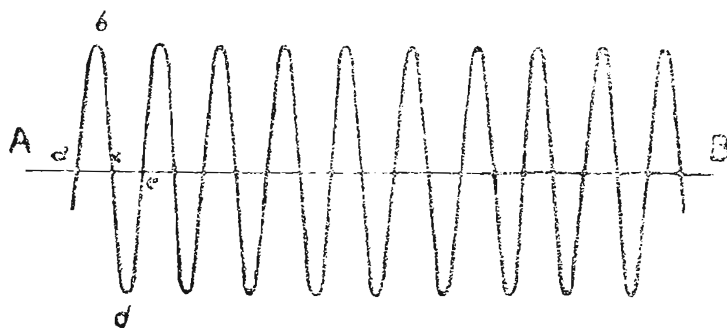


Fig. 39.

a questa retta, nei successivi momenti corrispondenti ai successivi punti della retta stessa, la intensità della corrente oscillante.

Collegando gli estremi di questi segmenti si ottiene la curva teorica della corrente oscillante di scarica. In *a* la corrente comincia e per causa della corrente di autoinduzione cresce a poco a poco, sino a raggiungere il valore massimo in *b*. In questo momento la differenza di potenziale delle armature del condensatore è nulla. Ma la corrente non cessa immediatamente; sempre per effetto dell'autoinduzione, diminuisce a poco a poco, sino ad annullarsi nel momento *c*. In questo momento il condensatore è ricaricato in senso contrario, e la corrente ricomincia, ma nella direzione contraria e la intensità varia seguendo la curva *c d e*.

Nel momento corrispondente al punto *e* abbiamo nuovamente lo stato iniziale, che si aveva nel momento *a*, e la variazione avuta da *a* ad *e*, si rinnova.

Praticamente la curva della corrente di scarica ha invece la forma della fig. 40, perchè l'ampiezza della oscillazione decresce, in seguito alla perdita di energia, talchè dopo alcune oscillazioni queste cessano del tutto.

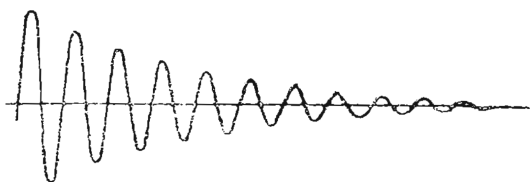


Fig. 40.

Un circuito oscillante può paragonarsi anche ad un apparecchio costituito da due recipienti *A* e *B* contenenti dell'acqua ad un livello differente e comunicanti tra loro per mezzo di un tubo, avente una sezione piuttosto larga, chiuso da un rubinetto *R* (fig. 41). Aprendo rapidamente il rubinetto *R*, il livello dell'acqua nei due vasi tende a uguagliarsi; perciò l'acqua del recipiente

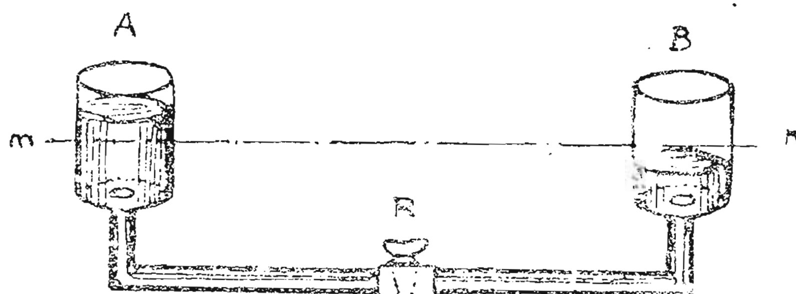


Fig. 41.

A scorre nel recipiente *B*. Essa però non si ferma istantaneamente nel momento in cui i due vasi hanno raggiunto lo stesso livello *m n*, ma, animata da una certa velocità, lo supera. La differenza di livello è allora invertita; in seguito l'acqua scende dal vaso *B* dove ha livello più alto, scorrendo in senso contrario, ed il fenomeno si riproduce diverse volte di seguito; l'ampiezza della oscillazione però diminuisce ed il movimento dell'acqua alla fine si arresta.

Il tempo che impiega l'acqua ad uscire da un recipiente per andare nell'altro e tornare indietro, è tanto maggiore quanto più grande è il volume dei recipienti e quanto più lungo è il tubo che unisce i recipienti stessi.

Il *periodo*, cioè il tempo che impiegano gli elettroni ad andare da una armatura del condensatore all'altra e tornare indietro, è maggiore quanto più grandi sono la capacità e l'induttanza del circuito. Questo si verifica perchè, in altri termini, più la capacità è grande, più elettroni devono muoversi, e più l'induttanza, è grande, maggiore è il contrasto che gli elettroni incontrano nel loro movimento.

Il periodo dell'oscillazione, come la durata di oscillazione del pendolo e dell'apparecchio a vasi comunicanti dianzi descritto, è costante, cioè indipendente dall'ampiezza della oscillazione.

19. Antenna aperta e antenna chiusa. — L'aereo dell'antenna aperta di una stazione radiotelegrafica possiede dell'induttanza, poichè una qualunque sua parte influisce induttivamente sull'altra, e possiede anche della capacità, poichè la sua parte superiore rappresenta un'armatura di un condensatore di cui la terra è l'altra armatura. Si può dire che la capacità e l'induttanza di un aereo dipendono dalla sua lunghezza e dalla sua forma.

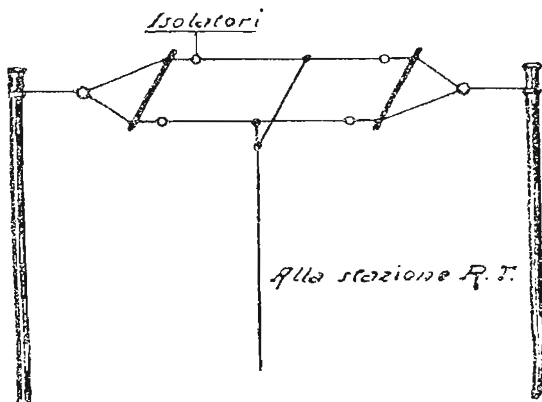


Fig. 42.

Per aumentare la capacità dell'aereo si aggiungono dei fili orizzontali nella parte superiore. Si hanno così gli aerei a forma di *T* (fig. 42) ed a forma di *L* rovesciato (fig. 43).

L'aereo costituisce quindi un circuito oscillante contenente induttanza e capacità e gli elettroni si muovono nell'antenna andando e ritornando dalla parte superiore alla terra, così come succede tra le due armature del condensatore del circuito descritto prima. Mentre questo si chiama *circuito oscillante chiuso*, il circuito dell'aereo si chiama anche *circuito oscillante aperto*.

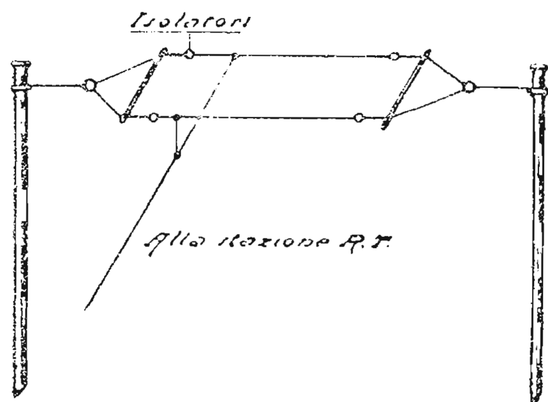


Fig. 43.

L'antenna chiusa o telaio si comporta invece come un circuito oscillante chiuso; in esso gli elettroni vanno da un'armatura all'altra del condensatore attraverso il telaio. Comunque sia l'antenna (aperta o chiusa), un'andata ed un ritorno degli elettroni provocano nello spazio un'onda elettromagnetica analogamente a quanto succede quando si getta un sasso in uno stagno.

Questa onda si propaga allontanandosi sempre più dall'antenna.

Si chiama *lunghezza d'onda* la distanza percorsa dall'onda nello spazio, durante il tempo di un'andata e di un successivo ritorno degli elettroni nell'antenna. Paragonando le onde elettromagnetiche alle onde dell'acqua, si può dire che la lunghezza d'onda è uguale alla distanza tra due creste d'onda consecutive.

Poichè l'onda elettromagnetica si propaga con la velocità di 300.000.000 metri al minuto secondo, lo spazio percorso dall'onda durante un periodo è uguale a questa velocità moltiplicata per il tempo necessario ad un'andata e ritorno degli elettroni nell'antenna. Quindi la lunghezza d'onda è uguale a 300.000.000 moltiplicato per il periodo. Se il periodo, per esempio, è $\frac{1}{1.000.000}$ di secondo, la lunghezza d'onda sarà di metri $300.000.000 \times \frac{1}{1.000.000}$, cioè 300 metri.

Se invece del periodo si conosce la frequenza espressa in chilocicli, per ottenere la lunghezza d'onda in metri, si divide 300.000 per la frequenza data; per esempio, alla frequenza di 3000 chilocicli corrisponde una lunghezza d'onda $\frac{300.000}{3.000} = 100$ metri.

Se la frequenza è espressa in miriacicli si divide 30.000 per la frequenza data; per es. alla frequenza di 150 miriacicli corrisponde una lunghezza d'onda di $\frac{30.000}{150} = 200$ metri.

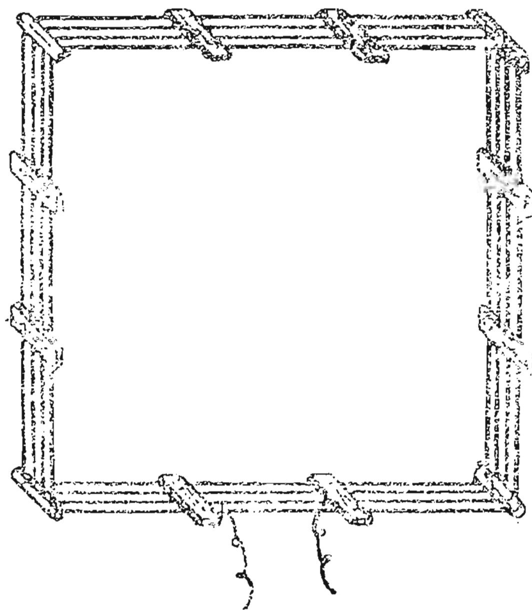


Fig. 44.

20. Orientamento del telaio. — Il telaio, costituito da una o più spire disposte in piani paralleli (fig. 44), rispetto alle onde in arrivo dalla stazione trasmittente *A*, può avere le posizioni segnate in fig. 45 con *B* e *C*, oppure posizioni intermedie a queste.

Nella posizione *B* i due lati verticali del telaio si trovano alla stessa distanza dall'antenna trasmittente e quindi in essi, in

ogni istante, sarà messo in movimento nella stessa direzione un numero eguale di elettroni. Gli elettroni messi in movimento nei

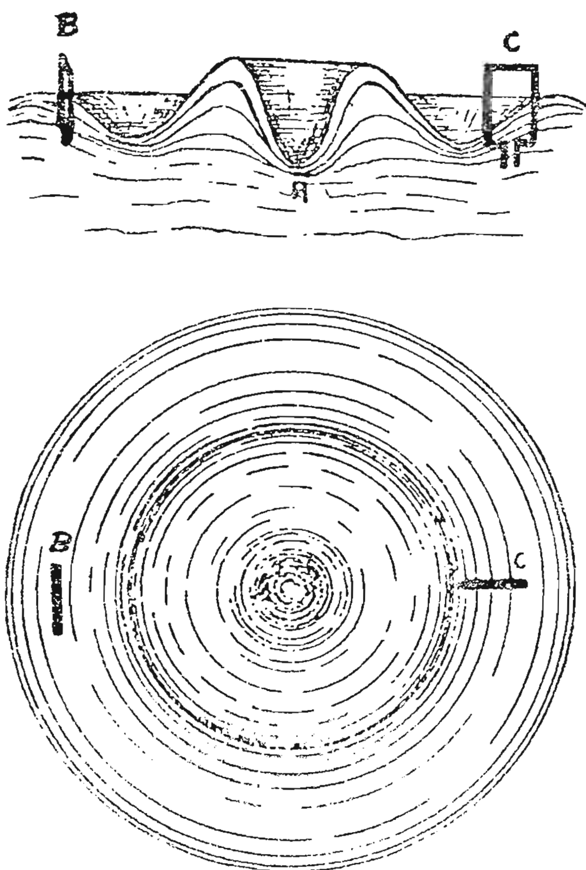


Fig. 45.

due lati verticali, hanno direzione contraria rispetto alle spire del telaio, sono in numero eguale, si respingono a vicenda, e quindi nel telaio non circola corrente e non si riceve niente. In queste condizioni, come è rappresentato nella fig. 46, gli elettroni si muovono nel senso indicato dalle frecce oppure nel senso contrario.

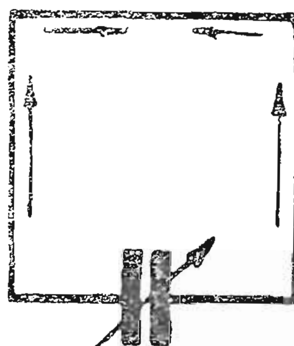


Fig. 46.

Nella posizione *C* invece i lati verticali del telaio si trovano a distanze diverse dalla stazione trasmittente; quindi nei due lati verticali del telaio vi saranno correnti diverse e nel telaio circolerà una corrente risultante, la cui intensità sarà data dalla differenza di quelle delle due correnti.

Nelle posizioni intermedie alle posizioni *B* e *C* considerate, circolerà nel telaio una corrente di intensità dipendente dalla differenza delle distanze dei lati

verticali dalla stazione trasmittente, e quindi intermedia tra quella nulla della posizione B e quella massima della posizione C.

Questa corrente sarà poi tanto più grande quanto maggiore sarà il numero degli elettroni messi in movimento, cioè quanto maggiore sarà il numero delle spire del telaio.

Allontanando i due lati verticali del telaio, aumenta la differenza tra le distanze, dalla stazione trasmittente, dei due lati del telaio stesso, e quindi aumenterà anche la corrente nel telaio.

Aumentando l'altezza dei lati verticali l'onda agisce su una lunghezza di conduttori maggiore, ed anche per questo aumenterà la corrente nel telaio.

Perciò, la corrente ricevuta da un telaio aumenta col numero delle spire del telaio, con la distanza dei lati verticali e con la loro altezza; cioè aumenta col numero delle spire e con l'area del telaio.

Facendo ruotare un telaio intorno ad un asse verticale, si ottiene la massima intensità di corrente e quindi la massima intensità dei segnali, quando esso è attraversato dalle onde, cioè quando il piano del telaio contiene la direzione dell'antenna trasmittente, mentre non si percepisce alcun segnale quando il telaio ha una posizione ad angolo retto con la precedente, perchè la corrente nel telaio in questo caso è nulla.

I ricevitori muniti di telaio sono *selettivi* perchè i segnali delle stazioni trasmittenti si sentono tanto meno quanto più le stazioni sono scostate dal piano del telaio.

Per questo i ricevitori muniti di telaio hanno il telaio mobile, per poterlo orientare nella direzione che consente la miglior ricezione.

21. Radiogoniometro. — Con un ricevitore munito di telaio, si può conoscere la direzione in cui si trova la stazione trasmittente. Tale direzione sarà determinata dalla posizione del telaio per la quale si verifica la massima intensità di corrente e quindi la massima intensità di ricezione.

Se il telaio è provvisto d'indice scorrevole su un quadrante graduato da 0° a 360° l'apparecchio si chiama *radiogoniometro*.

Praticamente, si determina la direzione della stazione trasmittente leggendo la graduazione corrispondente al punto in cui spariscono i segnali e non la graduazione corrispondente al punto in cui l'intensità dei segnali risulta massima.

Questo perchè si apprezza meglio il punto in cui si estinguono i segnali anzichè quello in cui i segnali assumono la massima intensità.

Se si mette l'indice del telaio sullo zero della graduazione quando il piano del telaio è nella direzione est-ovest, si ricava la direzione della stazione trasmittente, riferita alla direzione del nord, leggendo la graduazione dell'indice corrispondente alla intensità di ricezione nulla.

In pratica, l'estinzione del segnale non è netta, ma esiste una certa zona in cui il segnale sparisce. Si leggono allora le due graduazioni tra le quali sparisce il segnale e se ne fa la media.

Bisogna notare inoltre che, ovviamente, esistono due posizioni

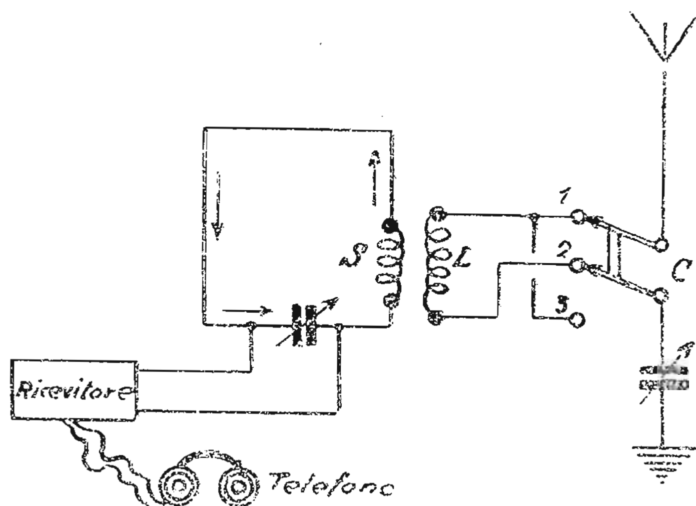


FIG. 47.

che permettono di ottenere l'estinzione dei segnali, scostate l'una dall'altra di 180°.

In pratica le due posizioni di estinzione dei segnali non sono esattamente a 180° l'una dall'altra; perciò è bene, dopo aver determinata una graduazione, far ruotare il telaio e determinare l'altra; fare quindi la media delle due letture e tenere questa graduazione media risultante, quale indicatrice della direzione cercata.

Con ciò si potrà dire che la direzione in cui si trova la stazione fa, per esempio, un angolo di 30° con la direzione del nord, ma non si può dire in quale dei due sensi di questa direzione si trova la stazione.

Per risolvere questa incertezza, serve questo artificio: si accoppia la spirale *S* del telaio con l'induttanza *L* di un aereo connesso alla terra (fig. 47).

Il commutatore C permette di invertire il senso della corrente nella bobina L.

Supponiamo che al ricevitore si senta la massima intensità del segnale e che il telaio quindi sia orientato nella direzione della stazione trasmittente.

Se anche l'aereo è accordato sulla stessa lunghezza d'onda, nel telaio esistono due correnti: una prodotta direttamente nel telaio dalle onde in arrivo e l'altra indotta nel telaio (per mezzo dell'accoppiamento L, S) dalla corrente dell'aereo.

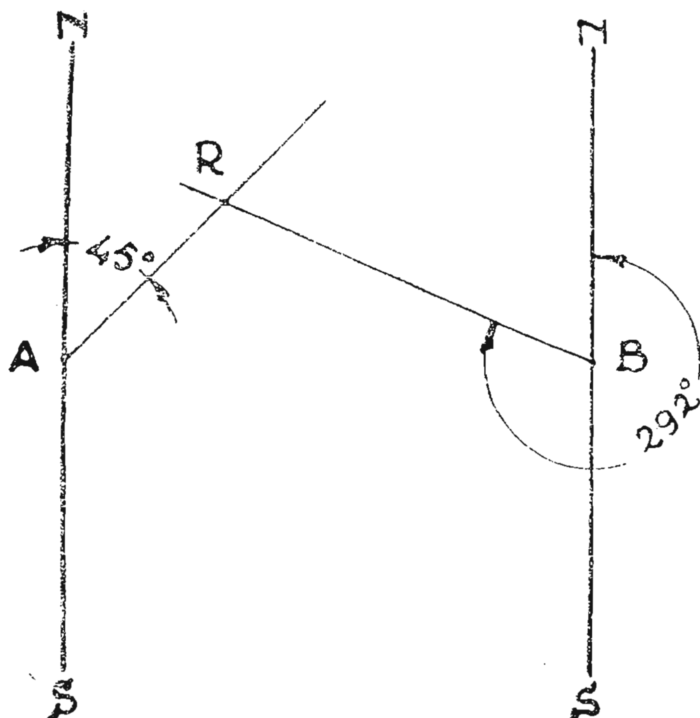


FIG. 48.

Se in una data posizione del commutatore C le dette correnti hanno la stessa direzione e si sommano, nell'altra posizione del commutatore le correnti hanno direzione opposta e si sottraggono.

Difatti, se le correnti nel telaio ad un dato istante hanno la direzione segnata nella fig. 47, (posizione 1-2 del commutatore C), esse si sommano e si sente il massimo.

Se si sposta il commutatore nell'altra posizione, (2-3 fig. 47) lasciando inalterato il telaio, la corrente nella bobina si inverte, e quindi si inverte pure la corrente indotta dalla bobina nel telaio. Le due correnti allora hanno direzione contraria e si ottiene un affievolimento del segnale. Con opportuni dispositivi atti a rendere eguali la intensità delle due correnti, si può ottenere in tal caso la scomparsa del segnale.

Con lo spostamento del commutatore, si ottiene lo stesso effetto che si otterrebbe lasciando inalterato l'accoppiamento dell'aereo col telaio, e ruotando questo di 180°.

Si ha così il mezzo, con la commutazione della bobina *L*, che è più agevole della rotazione del telaio, di differenziare i due sensi della direzione in cui si trova la stazione trasmittente.

I ricevitori dei radiogoniometri, oltre ad avere una forte amplificazione, hanno opportuni accorgimenti costruttivi (compensazione) per ridurre al minimo alcune cause di errore nella determinazione degli angoli.

Avendo a disposizione due radiogoniometri installati ad una certa distanza l'uno dall'altro, e determinato con ognuno di essi l'angolo che, per esempio, la direzione del nord fa con una data stazione trasmittente, si può individuare su una carta topografica, per intersezione, la posizione della stazione.

Si supponga che il radiogoniometro *A* (fig. 48) senta la stazione *R* sotto un angolo di 45° con la direzione del Nord, ed il radiogoniometro *B* senta la stessa stazione sotto un angolo di 292° con la stessa direzione.

Basta tracciare dai punti *A* e *B*, individuati sulla carta topografica, due rette inclinate sulla direzione del nord rispettivamente di 45° e 292°, ed il loro punto di incontro *R* darà la posizione della stazione trasmittente.

CAPO TERZO

22. Risonanza. — Si è detto come le correnti ad alta frequenza provocano nell'etere delle onde, che raggiungono l'antenna ricevente, generando in questo una corrente ad alta frequenza della stessa specie. Questa corrente sarà però molto più debole, di quella dell'antenna trasmittente. Questa debole corrente sarà più intensa, abbastanza per poter essere rivelata, se il circuito di antenna avrà la stessa lunghezza d'onda dell'antenna trasmittente; quando si verifica questa condizione, si dice che i circuiti sono in *risonanza* oppure che sono *accordate*.

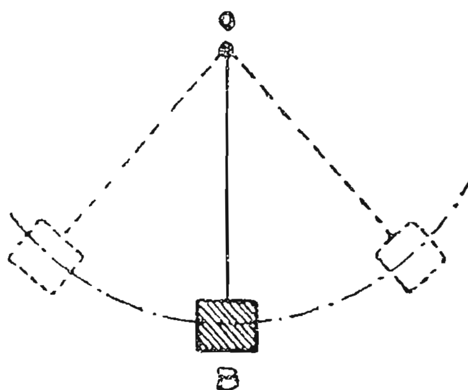


FIG. 49.

Se si sposta il pendolo *B* (fig. 49) dalla sua posizione di equilibrio e poi lo si abbandona, le sue oscillazioni tenderanno di mano in mano a diminuire di ampiezza per effetto della resistenza dell'aria. Però, se si imprimono al pendolo degli impulsi, anche debolissimi, tutte le volte che esso passa per la posizione *O B* l'ampiezza della sua oscillazione aumenta notevolmente. La condizione che deve essere rispettata è che gli impulsi successivi, nella direzione del movimento, si seguano col periodo proprio del pendolo, che è quello col quale oscilla quando è libero, e che dipende dalla sua lunghezza *O B*. Se al contrario il periodo degli impulsi è differente dal periodo proprio del pendolo, il movimento non raggiungerà una grande ampiezza, perchè gli impulsi in certi momenti si opporranno al movimento del pendolo.

Un ponte sospeso oscilla leggermente quando dei soldati lo traversano a passo di strada; ma se i soldati lo traversano al passo cadenzato, e con una cadenza eguale al periodo di oscillazione proprio del ponte, che dipende dalle sue caratteri-

stiche meccaniche, le oscillazioni del ponte possono divenire così grandi da spezzarlo.

Nei fenomeni descritti si hanno esempi dell'effetto della risonanza meccanica, che è un fenomeno analogo a quello della risonanza elettrica.

In generale si dice che un sistema capace di oscillare è in risonanza, tutte le volte che è sotto l'influenza di oscillazioni aventi un periodo uguale al proprio, per cui diventa sede di oscillazioni di ampiezza relativamente grande.

Così un circuito oscillante può diventare sede di oscillazioni elettriche relativamente intense, se gli impulsi che riceve dalle onde radiotelegrafiche hanno un periodo coincidente con quello proprio.

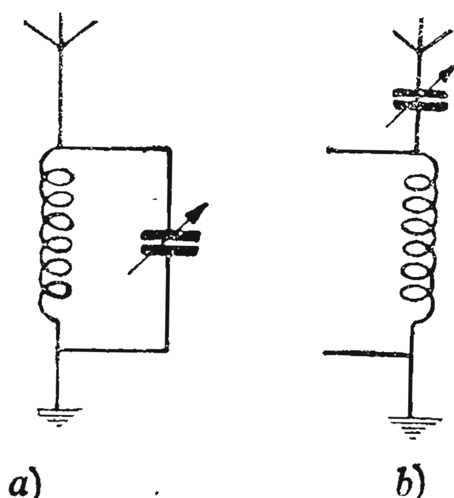


Fig. 50.

Una stazione che trasmette con una data frequenza o lunghezza d'onda è sentita solamente da quei ricevitori che, trovandosi nei limiti della portata della stazione, hanno il proprio aereo in risonanza con la frequenza usata in trasmissione.

Per mettere l'antenna ricevente in risonanza con le onde da ricevere, occorre variare la sua induttanza oppure la sua capacità.

Nel caso dell'antenna aperta si può a tale scopo inserire nell'aereo un circuito oscillante, la capacità e induttanza del quale variano quella dell'aereo (fig. 50-*a*).

Frequentemente si inseriscono nell'aereo, uno dopo l'altro in serie, un condensatore variabile ed una bobina d'induttanza (fig. 50-*b*), oppure un variometro, i quali permettono di variare l'induttanza e la capacità dell'aereo.

Per accordare invece un telaio su varie lunghezze d'onda, si preferisce generalmente variare soltanto la capacità del circuito oscillante di cui il telaio costituisce l'induttanza. La variazione della capacità si ottiene, in questo caso, per mezzo di un condensatore variabile.

Gli stessi dispositivi esaminati si impiegano per variare la lunghezza d'onda d'una stazione trasmittente.

Succede spesso che, quando un'antenna è accordato su una data lunghezza d'onda di una stazione trasmittente, si sente contemporaneamente anche un'altra stazione che trasmette con una lunghezza d'onda abbastanza differente; si dice allora che il ricevitore è poco *selettivo* o che la risonanza dell'antenna non è acuta.

Si ottiene una maggiore selettività impiegando il seguente sistema di accordo: si inserisce nel circuito di aereo una bobina L, che si accoppia con la bobina L_1 di un altro circuito oscillante (*circuito oscillante chiuso*) che si accorda anche esso sull'onda che si vuol ricevere (fig. 51-*a*).

Più si allontana la bobina L_1 dalla bobina L, più la risonanza è acuta, perchè, diminuendo l'accoppiamento induttivo tra le bobine, non riescono a passare nel circuito $L_1 C_1$ che oscillazioni dello stesso periodo di quello proprio del circuito stesso.

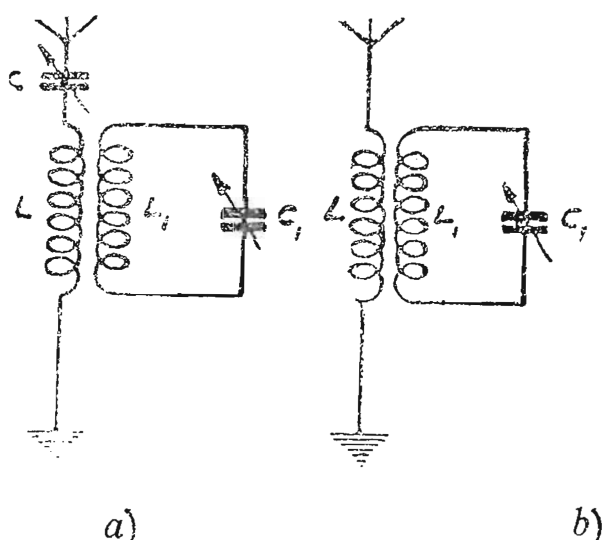


FIG. 51.

Così, anche se oscillazioni di periodo differente influenzano l'aereo, il circuito L_1 C_1 non raccoglie che l'oscillazione con la quale è in risonanza.

Si ottiene in tal modo una buona selettività, anche senza accordare il circuito di aereo sull'onda che si vuol ricevere. Difatti in questo caso tutte le onde influenzeranno molto debolmente l'aereo, ed il circuito L_1 C_1 permetterà di scegliere tra esse solo quella su cui è accordato, cioè quella che si vuole ricevere (fig. 51-*b*). Si dice in questo caso che l'aereo non è accordato; si suol dire anche impropriamente che il circuito di *aereo è aperiodico.*

Con gli ordinari ricevitori si possono differenziare due stazioni che trasmettono con lunghezze d'onda scartate da 1 a 2 miriacicli; si può, in altri termini, ricevere la trasmissione di una delle due stazioni, senza essere disturbati dalla trasmissione dell'altra.

23. Triodo e diodo. — Il triodo o valvola a tre elettrodi, serve a produrre corrente ad alta frequenza, ad amplificare

correnti deboli, ed a far passare la corrente in un sol senso, cioè funziona da generatore di corrente ad alta frequenza, da amplificatore e da raddrizzatore.

È costituito nel seguente modo:

Un'ampolla di vetro dalla quale è stata estratta l'aria, contiene un filo corto e sottile, chiamato *filamento*, circondato da un altro filo più grosso, avvolto generalmente ad elica come quello di una molla a spirale, chiamato *griglia*, il quale a sua volta è circondato da un piccolo tubo di metallo, chiamato *placca* (fig. 52-*a*).

I tre elementi della lampada, filamento, griglia e placca, si chiamano *elettrodi;* essi sono sostenuti da piccoli supporti in metallo fissati in un blocchetto di vetro.

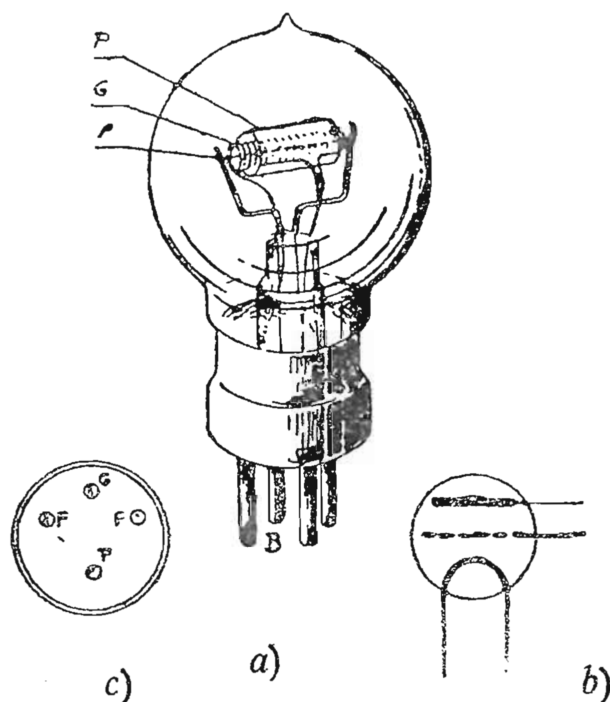


Fig. 52.

La fig. 52-*a* rappresenta l'aspetto generale di una lampada: *P* placca; *G* griglia; *F* filamento; *B* spine di contatto.

L'ampolla di vetro è spesso coperta internamente da un deposito sottilissimo di magnesio che dà alla lampada un aspetto metallico. Questo strato deriva da volatilizzazione di una certa quantità di magnesio, effettuata nell'interno della lampada, allo scopo di assorbire particelle gassose rimastevi dopo la vuotatura fatta con pompe.

L'ampolla è sostenuta da uno zoccolo cilindrico di materia isolante, che può essere esteriormente circondato da un cilindro metallico per aumentarne la resistenza meccanica.

Le due estremità del filamento fanno capo a due spine fissate sullo zoccolo della lampada; la griglia e la placca fanno capo ad altre due spine fissate sullo stesso zoccolo (fig. 52-*c*).

Il simbolo rappresentante la lampada a tre elettrodi negli schemi dei circuiti radiotelegrafici è disegnato nella fig. 52-*b*.

Supponiamo che la valvola non contenga altro che il filamento. Se ne connettiamo le due estremità a quelle dei poli d'una batteria di pile (*batteria d'accensione*), una corrente per

correrà il filamento. In relazione alla tensione applicata, la resistenza del filamento è tale che il filamento si riscalda e diventa incandescente.

In queste condizioni molti elettroni sono espulsi dal filamento nell'interno della lampada (fig. 53), e si dice che il filamento emette degli elettroni.

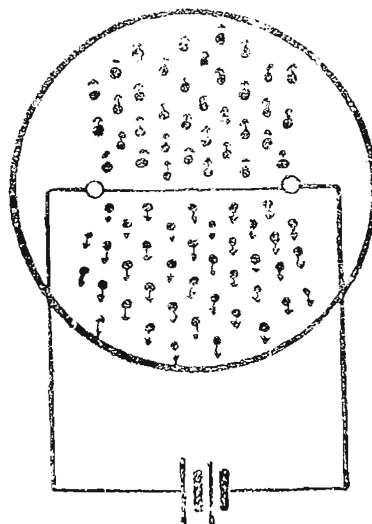


FIG. 53.

Gli elettroni sono invisibili: per mostrare nella figura la direzione del loro movimento, si sono rappresentati sotto forma di piccole freccie uscenti dal filamento.

Siccome il filamento è chiuso nell'ampolla di vetro della lampada, lo spazio interno è subito riempito di elettroni, ed il filamento non può più emetterne degli altri, perchè gli elettroni già emessi respingono quelli che tenderebbero ad abbandonare il filamento.

Se la lampada contiene oltre al filamento anche la *placca* di metallo (spesso chiamata *anodo*), collegata all'estremo positivo d'una batteria di pile (spesso chiamata *batteria anodica*) che ha l'estremo negativo collegato col filamento (fig. 54), la placca diventa positiva rispetto al filamento.

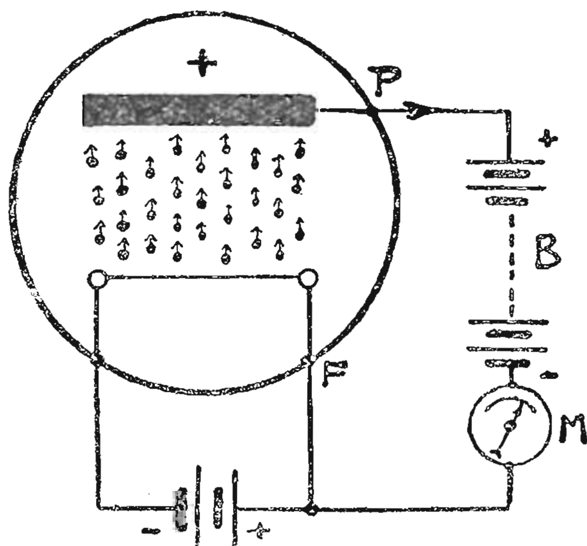


FIG. 54.

In queste condizioni la placca attirerà gli elettroni emessi dal filamento, i quali ritorneranno al filamento percorrendo il circuito: spazio filamento placca, — placca, batteria anodica, filamento.

Si avrà quindi una corrente elettronica che va dall'estremo negativo della batteria anodica al filamento, traversa poi lo spazio libero tra il filamento e la placca, e dalla placca ritorna all'estremo positivo della batteria.

Si può constatare l'esistenza di questa corrente per mezzo di un galvanometro *M* inserito sul suo passaggio (fig. 54).

Se si facesse la placca negativa rispetto al filamento, invertendo cioè la batteria *B* della fig. 54, gli elettroni emessi dal filamento sarebbero respinti dagli elettroni liberi sulla placca (fig. 55), e nessuna corrente si stabilirebbe tra il filamento e la placca.

Da queste considerazioni viene giustificato il nome che si dà alla lampada di *valvola* o *valvola elettronica:* essa permette il passaggio della corrente elettronica in un solo senso, cioè solamente dal filamento alla placca e non dalla placca al filamento.

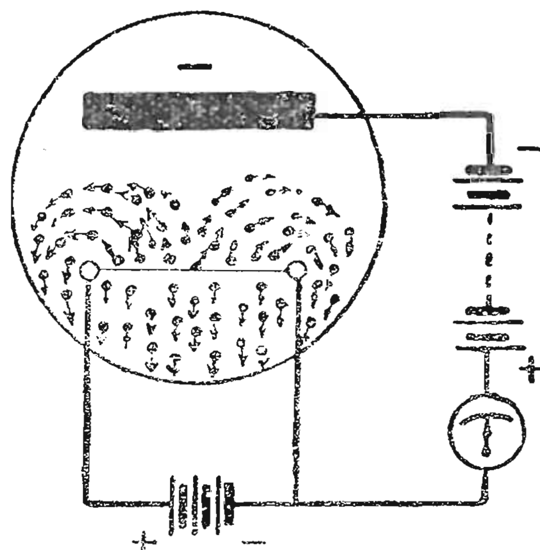


FIG. 55.

La valvola a due elettrodi ora descritta si chiama *diodo.*

Se tra la placca ed il filamento di un diodo si applica una tensione alternata, avverrà che quando la placca sarà positiva rispetto al filamento, circolerà effettivamente corrente, mentre non vi sarà corrente nel caso contrario. Perciò il diodo può servire a far passare la corrente alternata solo in un senso.

Questo fatto viene utilizzato per caricare gli accumulatori, impiegando corrente alternata raddrizzata. Però i diodi che si impiegano a tale scopo, non sono a vuoto, perchè essi con tensioni anodiche piuttosto limitate (come occorrono per la carica di piccole batterie di accumulatori), potrebbero erogare soltanto correnti relativamente deboli, ma si impiegano diodi contenenti nell'interno del bulbo del gas rarefatto (per esempio, argon) i quali si prestano ad erogare delle correnti molto intense anche con tensioni limitate.

Nella fig. 56 è rappresentato lo schema di un raddrizzatore per carica accumulatori. La tensione alternata, a mezzo di un opportuno trasformatore, viene elevata o ridotta a seconda della tensione di corrente continua che si vuole ottenere.

Il trasformatore ha due avvolgimenti secondari di cui uno serve a fornire la tensione alternata tra placca e filamento, e l'altro serve per fornire la corrente di accensione del filamento

del diodo, il quale può essere così alimentato con corrente alternata.

Vi è inoltre un reostato per regolare l'intensità della corrente continua.

Per raddrizzare tensioni alternate molto elevate, come occorre in altre applicazioni, si usano invece i diodi a vuoto.

La corrente alternata raddrizzata con diodi può essere impiegata per alimentare i ricevitori radiotelegrafici, eliminando le pile, quando si ha disponibilità di corrente alternata (apparecchi per radioaudizioni circolari).

Il terzo elettrodo, a forma generalmente di spirale, che esiste

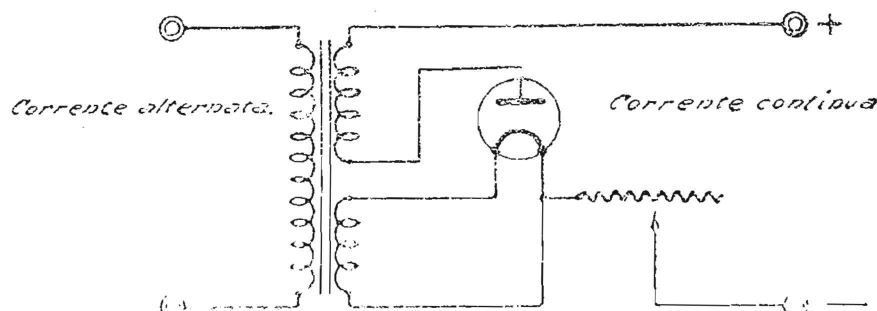


Fig. 56.

nei triodi e che si chiama *griglia*, serve a far variare l'intensità della corrente elettronica.

Per una data temperatura del filamento, si può aumentare l'intensità della corrente che passa nel circuito di placca, aumentando la differenza di potenziale tra la placca ed il filamento.

Per esempio, quando la differenza di potenziale di una lampada ordinaria è di 80 Volt, l'intensità di corrente è di 2 milliampère; se si aumenta questa differenza di 10 Volt, cioè se si porta a 90, l'intensità della corrente crescerà sino a 2,2 milliampère. Continuando ad aumentare la differenza di poteziale, l'intensità non continua a crescere, ma cresce soltanto sino ad un limite, costituito dalla cosidetta *corrente di saturazione;* raggiunto questo limite, nessun aumento di differenza di potenziale potrà far aumentare l'intensità di corrente. Questo si spiega pensando che il filamento non può emettere per ogni secondo una quantità di elettroni superiore ad un certo limite.

Per una data temperatura del filamento, vi è un altro modo per far variare la corrente, e cioè variando la tensione della griglia. Per giungere alla placca gli elettroni devono attraversare

la griglia. Se noi rendiamo la griglia positiva ripetto al filamento, essa attirerà più elettroni e la corrente sarà più intensa (fig. 57-*a*). Se rendiamo invece la griglia negativa, essa respingerà gli elettroni (fig. 57-*b*) malgrado il richiamo della placca. La griglia è più vicina al filamento che non la placca, e quindi le variazioni del suo potenziale influiscono fortemente sull'intensità di corrente. Mentre, per esempio, per aumentare l'intensità di 0,2 milliampère si è dovuto aumentare di 10 Volt la differenza di potenziale tra il filamento e la placca, per ottenere lo stesso risultato basta aumentare soltanto di 1 Volt la differenza di potenziale tra la griglia ed il filamento.

Per aumentare la portata di una corrente d'acqua in un tubo, cioè la quantità d'acqua che passa attraverso il tubo in un se-

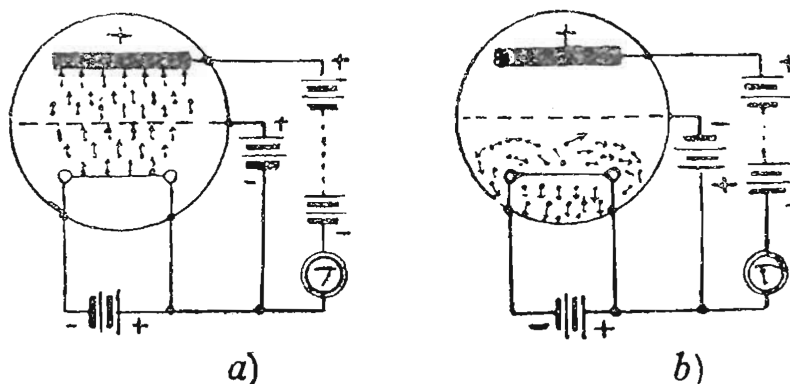


FIG. 57.

condo (intensità), si può aumentare la pressione (la differenza di potenziale); ma si può anche aprir di più il rubinetto che regola l'efflusso. Il funzionamento della griglia può paragonarsi a quello del rubinetto.

Nei due casi, un piccolo cambiamento nello stato della griglia o del rubinetto, fa variare molto l'intensità della corrente elettronica o la portata della corrente d'acqua.

24. Triodo generatore di oscillazioni - Stazione r. t. trasmittente. — Un triodo può costituire un generatore di oscillazioni persistenti o continue.

Quando un condensatore si scarica attraverso una induttanza, la corrente di scarica è oscillante, ma questa corrente cessa rapidamente in seguito alla perdita di energia nei conduttori.

Il triodo può servire per generare delle oscillazioni e renderle continue.

Si chiama: *circuito di griglia* l'insieme delle connessioni che fanno capo alla griglia ed al filamento e lo spazio tra griglia e filamento; *circuito di placca* quello comprendente la placca, l'interruttore *K*, la batteria anodica, il filamento e lo spazio filamento-placca (fig. 58).

Supponiamo di avere un circuito oscillante composto dalla bobina *A* e dal condensatore variabile *C*, collegato alla griglia ed al filamento del triodo. Nel circuito di placca sia inserita la bobina *B*. Gli schemi *a* e *b* rappresentati nella fig. 58 sono sostanzialmente equivalenti.

Se le due bobine *A* e *B* sono avvicinate, tra loro c'è induzione. Chiudendo l'interruttore *K* si produce una corrente elettronica,

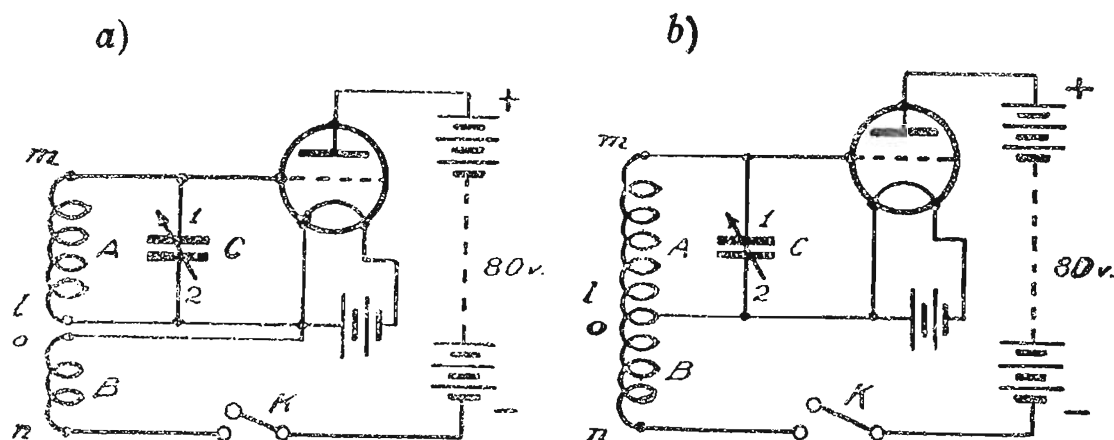


FIG. 58.

nell'interno della lampada, dal filamento alla placca, che percorre il circuito di placca. Lasciando il polo negativo della batteria anodica, gli elettroni arrivano al filamento, percorrono la bobina *B* da *n* ad *o*, saltano nella placca, e ritornano al polo positivo della batteria. La corrente che circola nella bobina *B* da *n* ad *o*, induce nella bobina *A* una corrente da *m* ad *l*, cioè questa corrente elettronica va dalla griglia-armatura 1 del condensatore, al filamento-armatura 2 del condensatore.

Si forma quindi una differenza di potenziale tra griglia e filamento e la griglia diventa positiva per la perdita degli elettroni rispetto al filamento che acquista gli stessi elettroni.

Essendo così diventata positiva la griglia, la corrente di placca e quindi la corrente nella bobina *B* aumenta, quindi aumenta anche la corrente indotta nella bobina *A*, e la griglia diventa ancora più positiva, per cui la corrente di placca cresce ancora.

Ma la corrente anodica (del circuito di placca) non cresce indefinitamente poichè, quando tutti gli elettroni che possono essere emessi dal filamento passano nella placca, si ha la corrente di saturazione che non può essere superata. Siccome allora la corrente di placca che traversa la bobina *B* non varia più, non si produce più corrente indotta in *A* ed allora il condensatore, che ha l'armatura 1 positiva e la 2 negativa, si scarica. Gli elettroni dall'armatura 2 e dal filamento vanno all'armatura 1 ed alla griglia. La griglia quindi diventa meno positiva rispetto al filamento, cioè la loro differenza di potenziale diminuisce, e quindi, la griglia attira meno fortemente gli elettroni e la corrente elettronica di placca diminuisce di intensità. Diminuendo però la corrente di placca attraverso la bobina *B* da *n* ad *o*, si produce nella bobina *A* una corrente indotta che va questa volta da *l* ad *m*, e questa corrente si somma a quella di scarica del condensatore. Quando il condensatore è completamente scarico, gli elettroni continuano il loro movimento dal filamento e dall'armatura 2, verso la griglia e l'armatura 1. Per conseguenza la griglia diventa ora negativa ed il condensatore si ricarica, ma con delle cariche di segno contrario. Mentre la griglia diventa negativa, la corrente anodica diminuisce sempre e finalmente cessa.

In seguito, siccome non c'è corrente nella bobina *B*, non c'è più corrente indotta in *A*, ma il condensatore è ora ricaricato, l'armatura 2 è positiva, l'armatura 1 è negativa. Il condensatore quindi si scarica, e gli elettroni vanno dalla griglia e dall'armatura 1, verso il filamento e l'armatura 2. La griglia diventa perciò meno negativa e la corrente di placca comincia nuovamente a circolare, ed il suo aumento produce di nuovo una corrente indotta nella bobina *A* che si somma a quella di scarica del condensatore. Così il condensatore si scaricherà, cioè non vi sarà alcuna differenza di potenziale tra la griglia ed il filamento. Ma nello stesso tempo la corrente di placca è in aumento, il condensatore si ricarica nel senso di far diventare la griglia positiva rispetto al filamento, e tutto il procedimento si ripete quindi con continuità.

Riassumendo: chiuso il circuito con l'interruttore *K*, nel circuito di griglia circola permanentemente una corrente alternata, cioè una corrente che cambia periodicamente di senso; contemporaneamente nel circuito di placca la corrente anodica cresce sino ad un massimo e poi decresce sino a zero periodicamente.

Il periodo – (tempo impiegato dalla corrente alternata a partire dal valore zero per raggiungere il massimo, diminuire di nuovo sino a zero, raggiungere il massimo in senso contrario e ritornare quindi al valore zero: il tempo cioè impiegato a compiere un ciclo) – dipende dalla capacità del condensatore C e dall'induttanza della bobina A del circuito oscillante.

Impiegando per esempio, una certa bobina che ha un'induttanza di 25 microhenry ed un condensatore della capacità di 0,001 microfarad, il periodo risulta di circa $\frac{1}{1.000.000}$ di secondo.

In altri termini, in un secondo si hanno $1 : \frac{1}{1.000.000} =$ $= 1.000.000$ di periodi o cicli, cioè 100 miriacicli.

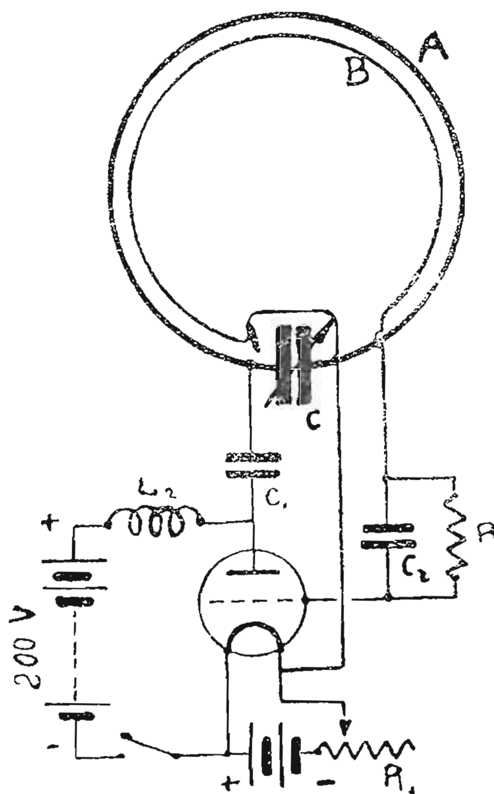


Fig. 59.

Questa corrente così ottenuta è ad alta frequenza, come precisamente serve in radiotelegrafia. Il numero di periodi in un secondo, come è stato detto, si chiama frequenza, cioè la corrente considerata ha una frequenza di 100 miriacicli.

Il circuito oscillante, anzichè sul circuito di griglia come nella fig. 58, può essere sul circuito di placca.

Per utilizzare questa corrente si usa il sistema indicato nella fig. 59, oppure quello indicato nella fig. 60.

La fig. 59 rappresenta il circuito schematico della parte trasmittente di una stazione con circuito oscillante sul circuito di placca, in cui le bobine A e B della fig. 58 sono costituite ciascuna da una sola spira di grande diametro, e la bobina A funziona da telaio.

Il condensatore C_1 chiamasi condensatore di blocco; serve ad impedire che la batteria di placca vada in corto circuito, ma lascia passare la corrente oscillante ad alta frequenza. La bobina L_2 impedisce alla corrente ad alta frequenza di circolare nel

circuito di alimentazione della placca. Il reostato R_1 serve a variare l'accensione del filamento della lampada.

L'accoppiamento tra le due spirali *A* e *B* può essere anche separato dal telaio. In questo caso in serie alla spira grande, costituente il telaio, è inserita la bobina *A* che è accoppiata induttivamente con la bobina *B*, indipendentemente dal telaio. L'accoppiamento tra queste due bobine, in questo modo, può anche essere variabile, mentre l'accoppiamento sul telaio della fig. 59 è fisso.

La fig. 60 rappresenta il circuito schematico della parte trasmittente di una stazione con antenna aperta, con circuito oscillante sul circuito di griglia. Le bobine *A* e *B* della fig. 58 sono accoppiate anche alla bobina *T* che è inserita nell'aereo.

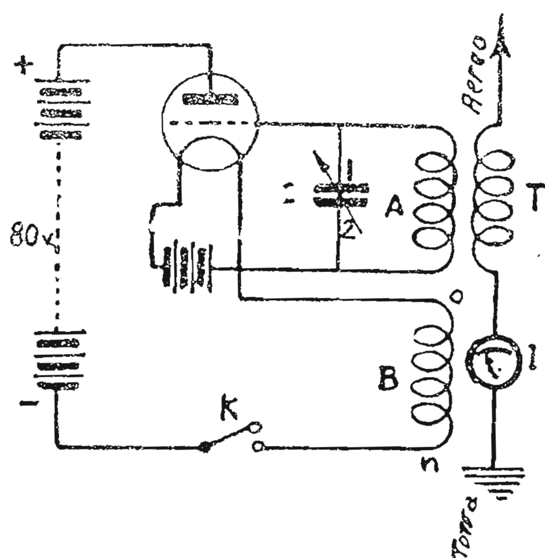


FIG. 60.

La corrente ad alta frequenza della bobina *A* produce una corrente indotta nella bobina *T* e quindi in tutto l'aereo; variando la capacità *C* del circuito oscillante si troverà un punto in cui la corrente di aereo sarà massima, cioè il circuito di aereo sarà in risonanza con la frequenza della corrente del generatore.

Sull'aereo è inserito uno speciale ampermetro *I* che serve a misurare l'intensità della corrente oscillante.

Invece dell'ampermetro può servire una lampadina ad incandescenza con la quale si giudica dell'intensità della corrente dallo splendore del filamento.

Chiudendo ed aprendo opportunamente l'interruttore *K* (*tasto*) delle fig. 59 e 60, si possono generare delle correnti nel telaio oppure nell'aereo, per durate più o meno lunghe, in corrispondenza dei suoni di breve o lunga durata dei segnali Morse (punti e linee degli stessi segnali resi graficamente - Alfabeto Morse).

Nell'antenna ricevente si avranno delle correnti della stessa specie e durata che vengono intese per mezzo di un ricevitore e tradotte in lettere dal radiotelegrafista.

Dicesi comunemente *portata di una stazione r. t.* la distanza a cui la stazione è sicuramente sentita da una stazione dello stesso tipo.

25. Modulazione. — Supponiamo di inserire un microfono nell'aereo della stazione dianzi descritta (fig. 61); parlando davanti al microfono, l'intensità della corrente di aereo varierà secondo le vibrazioni sonore. Un dispositivo simile è impiegato nelle stazioni radiotelegrafiche per realizzare la radiotelefonia, cioè la trasmissione dei suoni e delle parole.

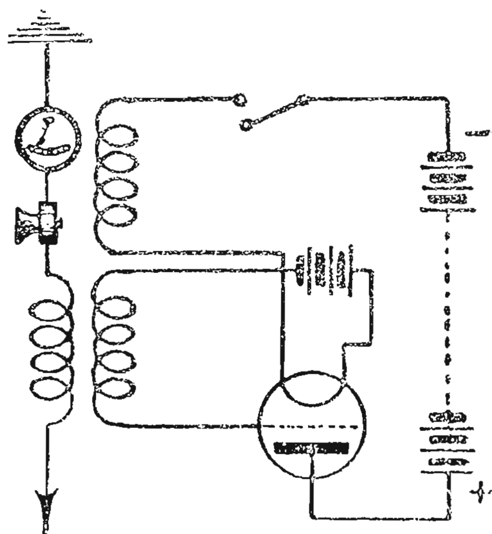


Fig. 61.

I suoni fanno vibrare le particelle di aria con una frequenza che è determinata dalla tonalità del suono. I suoni bassi corrispondono a frequenze basse, e i suoni alti a frequenze alte. L'orecchio umano percepisce solo i suoni che hanno una tonalità o frequenza variabile da 30 a 30.000 periodi al minuto secondo. I suoni comuni hanno una frequenza compresa tra 30 e 4000 periodi al secondo.

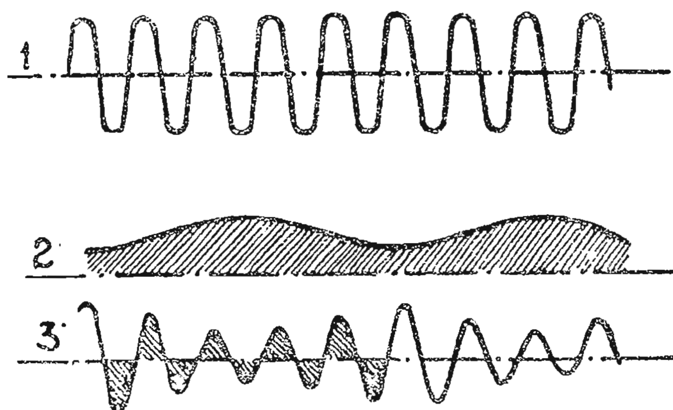


Fig. 62.

La corrente di aereo di una stazione r. t. è una corrente alternata ad alta frequenza; le variazioni di resistenza del microfono, dovute al suono prodotto davanti al microfono, fanno variare la resistenza dell'aereo, e quindi l'intensità della corrente nell'aereo. Si dice che così la corrente di aereo è *modulata*, o che si è applicata la *modulazione*.

Si può rappresentare graficamente il fenomeno della modulazione. Nella fig. 62 la curva 1 rappresenta una corrente ad alta frequenza; quando, parlando dinanzi al microfono, la sua resistenza varia secondo la curva 2, anche l'intensità della corrente ad alta frequenza sarà più o meno grande; corrispondentemente al variare della resistenza del microfono, la corrente varierà secondo la curva 3.

Il sistema di applicare la modulazione dianzi descritta con il microfono inserito nell'aereo si chiama per *variazione della resistenza d'aereo*. Diversamente il microfono, invece di essere inserito sull'aereo, può essere accoppiato induttivamente all'aereo, e si ha allora *la modulazione per assorbimento* della corrente oscillante. Il microfono può anche essere inserito mediante opportuno trasformatore, nel circuito di griglia della lampada generatrice, ed allora si ha la *modulazione per variazione di tensione di griglia.*

La portata in telefonia di una stazione r. t. è circa $^1/_8$ della portata in telegrafia.

CAPO QUARTO

26. Rivelazione delle onde. — Se si inserisce direttamente il telefono agli estremi delle armature del condensatore della fig. 51-*a* o 51-*b*, in modo che la corrente ad alta frequenza ricevuta passi nelle bobine del telefono, la lamina non vibra perchè, per quanto sia sottile, essa ha una certa inerzia, che non le permette di vibrare con la frequenza della corrente ad alta frequenza. E se anche fosse possibile farla vibrare non si sentirebbe niente, perchè l'orecchio umano non può sentire i suoni che oltrepassano la frequenza di 30.000 periodi al secondo. I suoni comuni corrispondono anzi a frequenze comprese tra 30 e 4000. D'altra parte la corrente ad alta frequenza non può nemmeno passare negli avvolgimenti dell'elettrocalamita, poichè il nucleo di acciaio aumenta fortemente l'induttanza delle bobine, e l'induttanza come si è detto, è come l'inerzia, che si oppone ai movimenti molto rapidi degli elettroni.

27. Ricezione delle onde modulate. — Nell'antenna di una stazione trasmittente radiotelefonica esiste una corrente ad alta frequenza prodotta dal triodo generatore e la modulazione a bassa frequenza dovuta alla resistenza variabile del microfono. La corrente risultante è una corrente ad alta frequenza avente intensità variabile nei diversi periodi. Per l'audizione interessa solo la modulazione a bassa frequenza. La corrente ad alta frequenza è quella che provoca le onde elettromagnetiche capaci di percorrere lo spazio, ed è il veicolo della modulazione a bassa frequenza. Per la ricezione occorre ottenere corrente modulata a bassa frequenza, cioè corrente a frequenza acustica o udibile, che possa essere rivelata per mezzo del telefono. Per ottenere la corrente a frequenza acustica si impiega un *raddrizzatore*.

Il più semplice dei raddrizzatori è quello a *cristallo*.

Il contatto delle punte metalliche su alcuni cristalli, per esempio la galena, il carborundum, ecc., possiede una conduttività unilaterale, cioè funziona da valvola, facendo passare gli

elettroni in una sola direzione, per esempio dalla punta del metallo al cristallo e non nel senso contrario.

Nella fig. 63 è rappresentato questo dispositivo raddrizzatore: *C* il cristallo fissato in un bicchierino di metallo, *P* punta metallica mobile per cercare i punti più sensibili del cristallo, *B* serrafili.

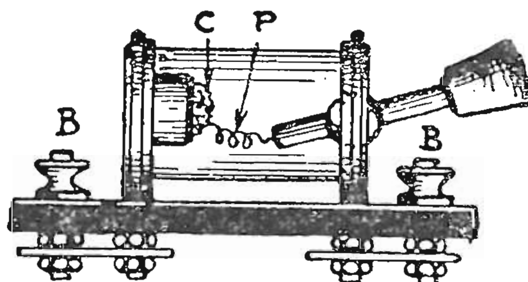


FIG. 63.

Lo schema di un ricevitore a cristallo risulta dalla figura 54-*a*, in cui si vede che il raddrizzatore *D* è disposto in serie con il telefono. La corrente ad alta frequenza modulata *A* (fig. 64-*b*) del circuito *L C* non può traversare il raddrizzatore che in un senso e diventa della forma rappresentata in *B*. Attraverso il telefono, i

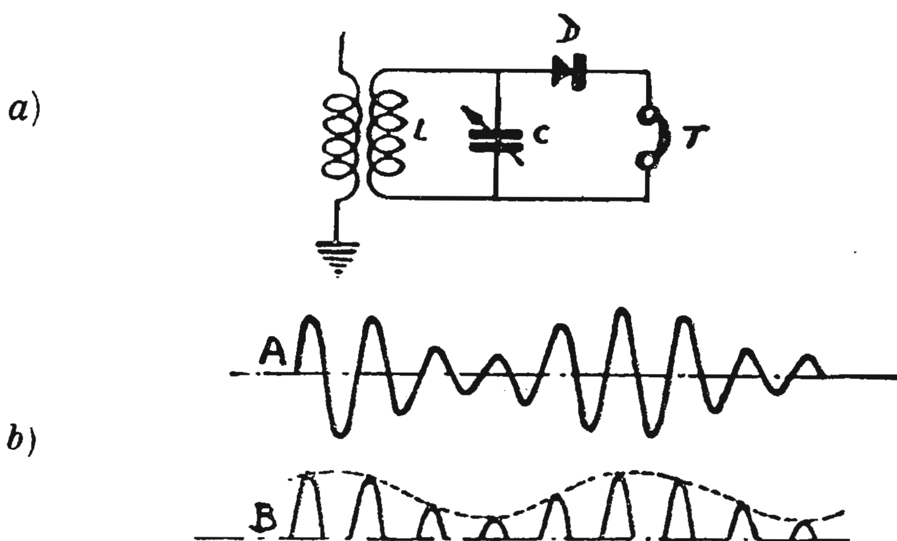


FIG. 64.

singoli impulsi di corrente unidirezionali, hanno l'effetto di una corrente di intensità variabile, ma avente un solo senso come quella rappresentata a tratti in *B* (fig. 64); questa corrente varia corrispondentemente alla modulazione, cioè in ogni momento le sue intensità e frequenza corrispondono all'intensità e tonalità del suono prodotto davanti al microfono. In conformità delle variazioni di questa corrente, varia la magnetizzazione delle bobine del telefono, attirando più o meno la lamina, e quindi nel telefono si sentirà un suono che ha intensità e tonalità corrispondenti a quelle del suono prodotto davanti al microfono

della stazione trasmittente; si sentirà cioè riprodotto lo stesso suono.

Concludendo, in un apparecchio ricevitore si devono trovare almeno tre parti:

sistema d'accordo - raddrizzatore - telefono.

Prima del raddrizzatore si ha la corrente ad alta frequenza, dopo il raddrizzamento si ha la corrente a frequenza bassa o acustica.

Al posto del cristallo raddrizzatore si impiegano attualmente le valvole, cercando di utilizzare nello stesso tempo le loro qualità di raddrizzatrici e di amplificatrici.

Si è visto che nelle valvole a tre elettrodi, ad una piccola variazione di potenziale griglia-filamento, corrisponde una

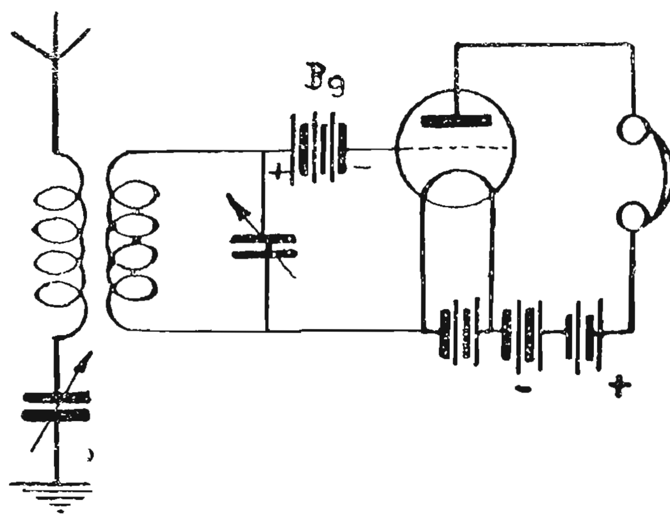


Fig. 65.

notevole variazione di corrente di placca, che dà luogo a suoni intensi nel telefono inserito nel circuito di placca. Lo schema impiegato risulta dalla fig. 65. La differenza di potenziale alternata, che le onde producono tra le armature del condensatore del circuito di accordo, risulta applicata tra la griglia ed il filamento.

La batteria *Bg*, detta *batteria di griglia*, rende la griglia negativa rispetto al filamento, in modo tale che gli elettroni emessi dal filamento vengano tutti o quasi tutti respinti verso il filamento, e non vi sia quindi corrente di placca. Se arrivano delle onde, esse creano una tensione alternata nel circuito di accordo che modifica la differenza di potenziale tra la griglia ed il filamento. La griglia, già negativa per effetto della batteria

Bg, divenga alternativamente più o meno negativa. Quando la griglia diventa più negativa essa non lascia passare nessun elettrone e non vi sarà corrente di placca. Quando invece la griglia diventa meno negativa, allora essa lascia passare gli elettroni e si avrà una corrente di placca.

Dunque le variazioni alternative di tensione di griglia, permettono alla corrente di placca di circolare soltanto in un senso, e quindi la lampada ha la funzione di raddrizzatrice.

Invece dello schema esaminato si usa anche lo schema indicato nella fig. 66, in cui al posto della batteria *Bg* è stato messo un piccolo condensatore *C* (0,01 a 0,1 millesimi di microfarad) ed una forte resistenza *R* (1 a 10 megaohm), in parallelo sul condensatore.

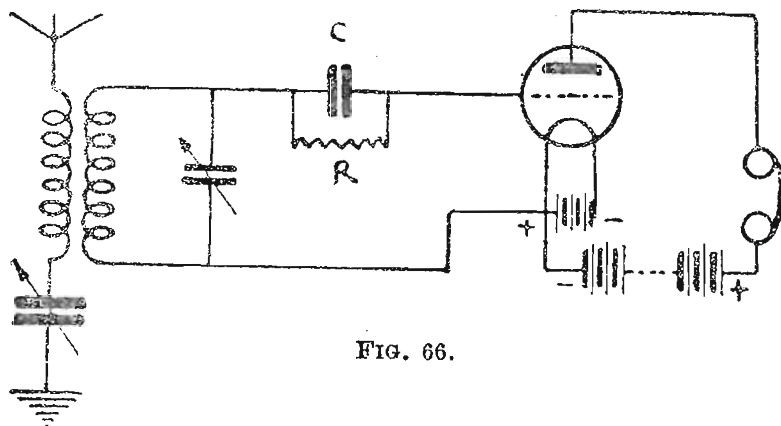


Fig. 66.

L'insieme del condensatore e della resistenza si chiama *condensatore shuntato di griglia;* shuntato vuol dire, con parola non italiana, corto circuitato.

In questo caso la griglia è positiva rispetto al filamento, perchè è collegata al polo positivo della batteria del filamento, e quindi nel circuito di placca circolerà corrente.

Gli elettroni emessi dal filamento si ammassano sulla griglia che diventa meno positiva, ed allora la corrente di placca diminuisce; ma gli elettroni ammassati sulla griglia ritornano lentamente al filamento attraverso alla resistenza *R*; si realizza un certo equilibrio, cioè un certo valore della corrente di placca, quando tutti gli elettroni che arrivano sulla griglia sono rinviati al filamento.

Se arrivano delle onde, esse determinano una tensione alternata, nel circuito di accordo, che modifica la differenza

di potenziale tra la griglia ed il filamento. La griglia già positiva, per effetto della batteria del filamento, diventa alternativamente più o meno positiva.

Quando la griglia diventa più positiva, essa attirerà su sé stessa un maggior numero di elettroni che diminuiranno in parte la variazione positiva nel suo potenziale. Quando invece la griglia diventa meno positiva, essa attirerà su sé stessa un minor numero di elettroni, i quali andranno a diminuire ancora il suo potenziale positivo già diminuito.

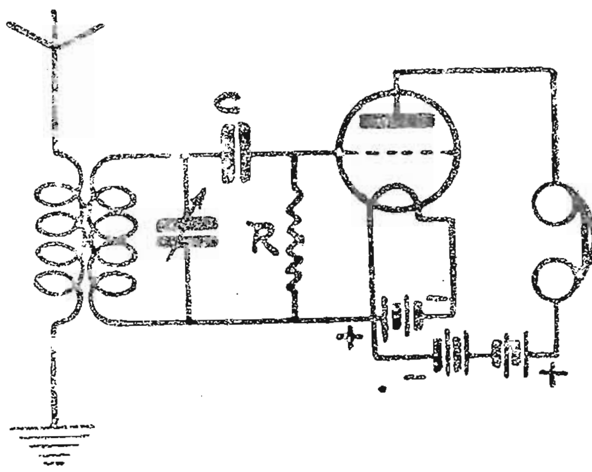


Fig. 67.

In quest'ultimo caso, si avrà quindi una diminuzione del potenziale positivo di griglia maggiore dell'aumento che si è verificato nel caso precedente. Quindi le variazioni della corrente di placca, che si verificano nei due casi, sono differenti, e la lampada avrà l'effetto di raddrizzatrice.

Il condensatore C ha lo scopo di trasmettere alla griglia le variazioni di potenziale, prodotte dalle onde, ed a rendere possibile il momentaneo ammassamento degli elettroni sulla griglia, e conseguente riduzione del potenziale della medesima; mentre la resistenza R consente alla griglia di ritrovare il suo potenziale normale al cessare delle oscillazioni, consentendo con qualche ritardo la scarica degli elettroni dalla griglia al filamento.

Spesso la resistenza R, per ottenere lo stesso effetto, si inserisce nel circuito come è rappresentato nella fig. 67.

28. Amplificazione a reazione – Interferenza. — Per aumentare la sensibilità dei ricevitori a valvola, in modo da poter ricevere anche segnali molto deboli, si usano vari metodi di amplificazione dei segnali stessi. Il metodo più semplice è *l'amplificazione a reazione* (fig. 68).

La freccia che traversa le bobine L ed L_1 nella fig. 68, indica che il loro accoppiamento è variabile. La corrente raddrizzata è rinviata (reazione) al circuito oscillante chiuso di accordo, per mezzo della bobina L_1 inserita nel circuito di

placca ed accoppiata induttivamente alla bobina L del circuito oscillante chiuso. In questo modo la corrente già raddrizzata dalla lampada ritorna al circuito oscillante chiuso, rinforza l'azione di questo sulla griglia, e ne risultano delle correnti più intense nel circuito di placca, che ritornando nuovamente al circuito d'accordo, fanno variare ancora più fortemente il potenziale di griglia, e così di seguito. Si ottiene in questo modo una grandissima sensibilità della valvola.

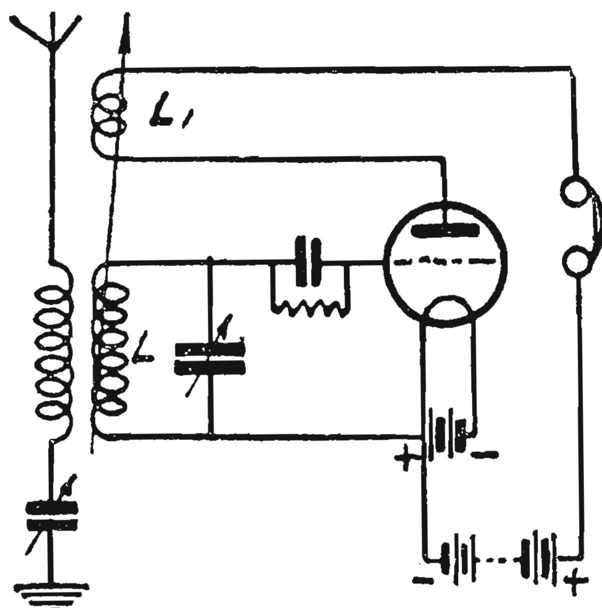


Fig. 68.

Si vede facilmente che lo schema della valvola raddrizzatrice-amplificatrice a reazione è uguale allo schema della valvola generatrice di oscillazioni.

Se infatti l'accoppiamento tra la bobina di reazione L_1 e la bobina di accordo L è molto stretto, la lampada comincia a produrre delle oscillazioni continue e diventa un vero apparato generatore (*endodina*).

La sensibilità della valvola raddrizzatrice-amplificatrice a reazione cresce stringendo l'accoppiamento (o come si suol dire, aumentando la reazione); non si deve però raggiungere l'accoppiamento col quale la lampada diventa generatrice; la massima sensibilità si ha appunto quando l'accoppiamento tra le bobine L ed L_1 è vicino a questo punto.

Quando la lampada diventa generatrice, le sue oscillazioni, combinandosi con le oscillazioni in arrivo, dànno luogo a dei fischi; la ragione di questi fischi sarà chiarita nel numero seguente.

In pratica, specialmente nella ricerca delle stazioni, è difficile evitare il fischio negli apparati a reazione.

Invece dell'accoppiamento induttivo tra il circuito di placca a quello di griglia si può anche usare un accoppiamento per capacità, od anche entrambi gli accoppiamenti.

29. Ricezione delle onde non modulate. — Si è visto come si può udire nel telefono una corrente ad alta frequenza

modulata; con lo stesso metodo non si può udire nel telefono una corrente ad alta frequenza non modulata, come sarebbe quella derivante da una trasmissione telegrafica.

Difatti una corrente ad alta frequenza raddrizzata, è composta da numerosi impulsi unidirezionali eguali e quindi, sotto la sua azione, la lamina del telefono non può vibrare. Il telefono si comporta come se fosse attraversato da corrente continua.

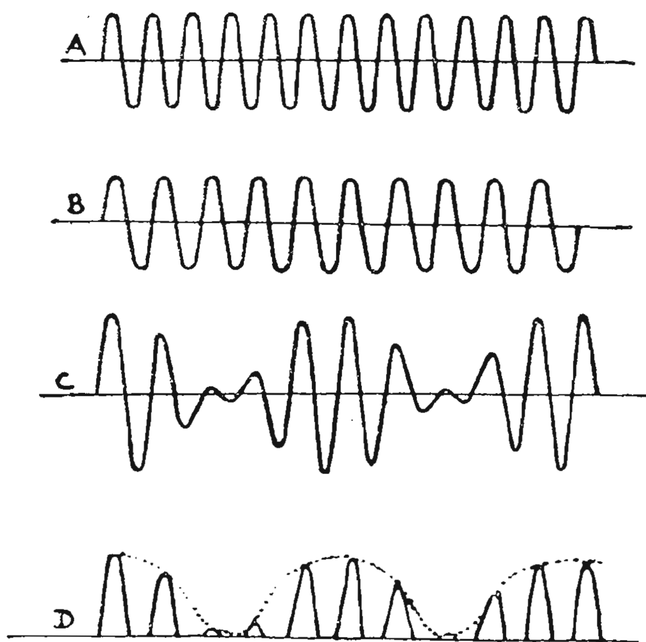


Fig. 69.

Per ricevere una corrente ad alta frequenza non modulata, occorre utilizzare il fenomeno *dell'interferenza o dei battimenti*, che consiste nel sovrapporre alla corrente ad alta frequenza in arrivo, un'altra corrente ad alta frequenza.

Se si hanno due correnti di frequenze diverse (*A*, *B* della fig. 69), si vede che all'inizio i loro sensi coincidono, e che quindi esse si sommano. In seguito, a causa della differenza di frequenza, il loro senso va di mano in mano divergendo sino a trovarsi in opposizione; in conseguenza la loro ampiezza risultante va affievolendosi, sino a ridursi eguale alla differenza delle ampiezze delle due componenti. Successivamente la stessa risultante comincia a crescere, sino a ritornare ancora eguale alla somma delle ampiezze, quando le due correnti saranno ancora concordanti.

Si ottiene così (*C* della fig. 69) una corrente oscillante di ampiezza variabile, che passa alternativamente da un massimo ad un minimo, con una frequenza uguale alla differenza delle frequenze delle correnti *A* e *B*. Raddrizzando questa corrente risultante, si ottiene la corrente *D* della fig. 69.

In un ricevitore a reazione, con accoppiamento stretto in modo che la lampada sia generatrice, si verifica il fenomeno dell'interferenza, ossia della combinazione delle oscillazioni in arrivo e di quelle generate dalla valvola.

Se l'onda ricevuta è *A* e *B* è la corrente generata dalla valvola, dalla interferenza di queste due correnti risulta la corrente *C*, che dopo il raddrizzamento dà la corrente *D*.

Se le frequenze di *A* e di *B* sono poco differenti, in modo che la loro differenza sia contenuta nei limiti delle frequenze udibili, per effetto del raddrizzamento dato dalla stessa lampada, la corrente *D* sarà udita nel telefono.

Quando il ricevitore fischia, significa che esso è, presso a poco, accordato sull'onda da ricevere. Quando invece è perfettamente accordato sull'onda da ricevere, non si sente nessun fischio perchè la differenza delle frequenze è nulla. Man mano che col ricevitore ci si avvicina all'accordo con l'onda che si vuole ricevere, diventa minore la differenza di frequenza, ed il suono diventa sempre più basso.

L'amplificazione a reazione è usata in tutti i ricevitori delle stazioni r. t. campali.

Per produrre il fenomeno dell'interferenza si può usare, invece del dispositivo esaminato (endodina), un piccolo apparato generatore di oscillazioni separato, chiamato *eterodina*, che funziona come un ordinario generatore a valvola (n. 24). La corrente così generata si fa interferire con quella da ricevere, e poscia si effettua il raddrizzamento della corrente risultante.

CAPO QUINTO

30. Amplificatori ad alta e a bassa frequenza. — Per aumentare la sensibilità dei ricevitori, oltre a quanto si può ottenere col sistema a reazione (n. 28), bisogna ricorrere agli amplificatori. Vi sono due specie di amplificatori: se amplificano la corrente prima del raddrizzamento, si chiamano *amplificatori ad alta frequenza*; se amplificano la corrente dopo il raddrizzamento, si chiamano *amplificatori a bassa frequenza.*

Il principio dei due tipi di amplificatori è lo stesso: piccole variazioni di potenziale di griglia-filamento di una valvola, provocano forti variazioni della corrente di placca, che producono alla loro volta delle tensioni variabili da applicare tra la griglia ed il filamento di una valvola successiva.

In sostanza anche il triodo che funziona da raddrizzatore, agisce come amplificatore. Infatti la variazione di corrente, che si verifica nel circuito anodico, in conseguenza di una determinata variazione di tensione di griglia, è più ampia di quella che si avrebbe, se la stessa variazione di tensione fosse direttamente applicata al circuito anodico. Per questo, il triodo è un raddrizzatore più sensibile dei cristalli, i quali non fanno che raddrizzare le oscillazioni senza amplificarle.

31. Amplificatori a resistenza. — Se una corrente percorre una resistenza, tra gli estremi della resistenza esiste la differenza di potenziale necessaria perchè la corrente possa verificarsi; per la legge di Ohm (n. 3) questa differenza di potenziale è proporzionale all'intensità della corrente.

Inserendo pertanto una resistenza in un circuito, tra i capi di questa resistenza, si ha una differenza di potenziale proporzionale alla intensità della corrente.

Se nel circuito di placca della valvola V_1 si introduce una resistenza R (fig. 70) le variazioni di tensione della griglia, prodotte dalle onde in arrivo nel circuito chiuso di accordo $L\ C$,

provocheranno delle variazioni di corrente di placca della valvola V_1, le quali a loro volta provocheranno delle tensioni variabili agli estremi della resistenza R. Queste tensioni variabili sono maggiori delle variazioni di tensione di griglia che le hanno provocate, e si è così realizzato l'effetto amplificatore.

Esse possono venire applicate tra la griglia ed il filamento della seconda valvola V_2 ottenendo così nel circuito di placca di questa valvola variazioni di corrente più ampie di quelle ottenute nel circuito di placca della valvola V_1.

Nello schema della fig. 61 un estremo della resistenza R

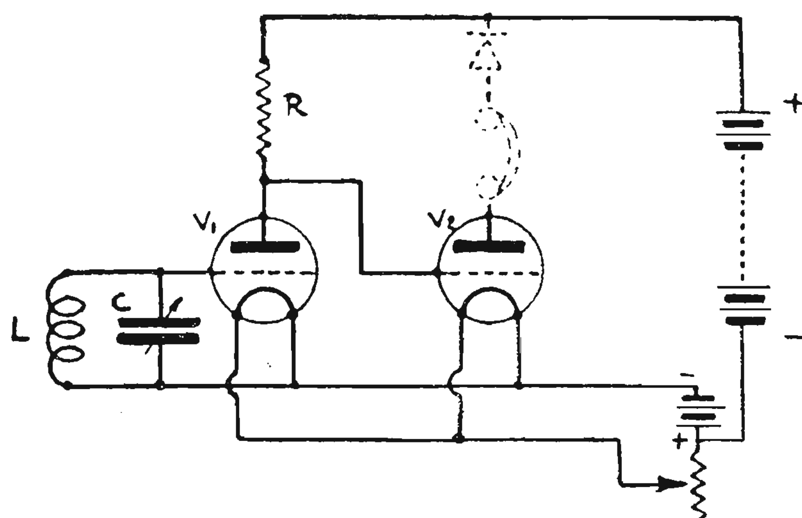


FIG. 70.

è collegato direttamente alla griglia della valvola V_2, mentre l'altro estremo va al filamento attraverso la batteria di placca.

Se si tratta di ricevere onde modulate (telefonia) basta inserire, come è segnato punteggiato nella figura, un raddrizzatore a cristallo ed un telefono. Se invece si tratta di ricevere onde non modulate (telegrafia), occorre provocare il fenomeno dell'interferenza (n. 29) accoppiando, ad esempio, la bobina di un'eterodina con la bobina del circuito chiuso di accordo L C.

Ma la realizzazione dello schema della fig. 70 non sarebbe possibile, perchè la placca della prima valvola è unita alla griglia della seconda e la tensione anodica, oltre che alla placca, risulterebbe unita anche alla griglia della seconda valvola. In questo modo la griglia della seconda valvola sarebbe fortemente positiva e attirerebbe molti elettroni, perchè oltre ad essere positiva è anche molto vicina al filamento.

Le piccole variazioni di tensione sulla resistenza R farebbero in tal caso variare pochissimo la corrente di placca. Occorre perciò separare mediante un condensatore di arresto C_2 la griglia di questa valvola dalla placca della precedente (fig. 71).

Così facendo però, dopo un certo tempo, una parte degli elettroni, emessi dal filamento della valvola V_2 si ammasserebbero sulla griglia, data la presenza del condensatore, e non potendo andare da nessuna parte, la renderebbero fortemente negativa, in modo da non lasciare passare più gli elettroni diretti dal filamento alla placca.

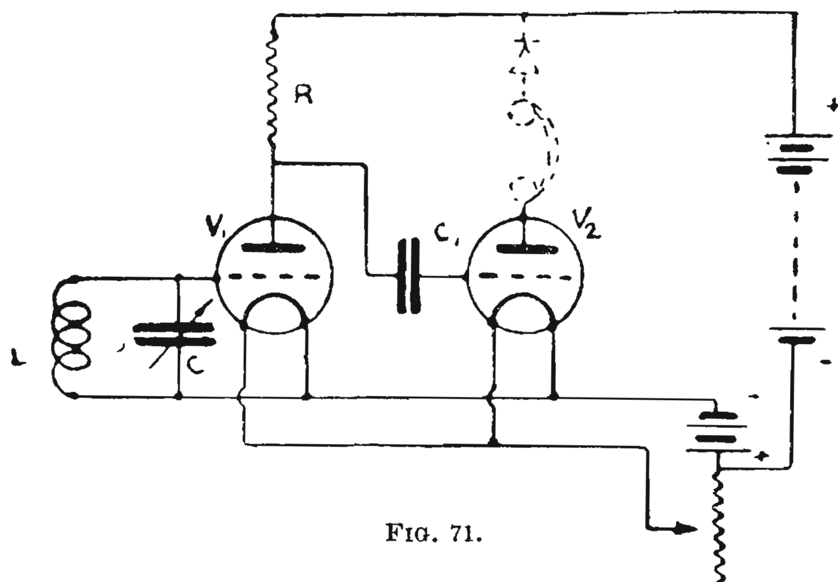


Fig. 71.

Bisogna quindi aprire una strada agli elettroni; serve a questo scopo la resistenza R_1 (fig. 72) tra la griglia ed il filamento, che permette alla griglia di scaricare gli elettroni sul filamento. Si arriva così allo schema dell'amplificatore a resistenza rappresentato nella fig. 72.

L'amplificatore a resistenza con uno o più stadi, cioè con una o più valvole, si può impiegare anche per le basse frequenze. Tra il filamento e la griglia dell'unica, o della prima valvola amplificatrice a bassa frequenza, si applicano gli estremi del circuito in cui circola la corrente raddrizzata precedentemente per mezzo di un cristallo o di un triodo. Nel circuito di placca dell'ultima valvola s'inserisce il telefono.

Nel caso dell'amplificazione a bassa frequenza il condensatore di arresto C_2 deve essere di maggiore capacità.

Il circuito della valvola amplificatrice a resistenza ad alta frequenza è simile a quello della valvola raddrizzatrice col condensatore shuntato di griglia (n. 27).

Però occorre notare che la griglia della valvola amplificatrice ad alta frequenza è negativa (perchè è unita al negativo del filamento), quindi non esiste corrente di griglia; mentre la griglia della valvola raddrizzatrice è unita al positivo del filamento, quindi esiste la corrente di griglia alla quale, come si è visto, è legato il procedimento di rivelazione delle oscillazioni.

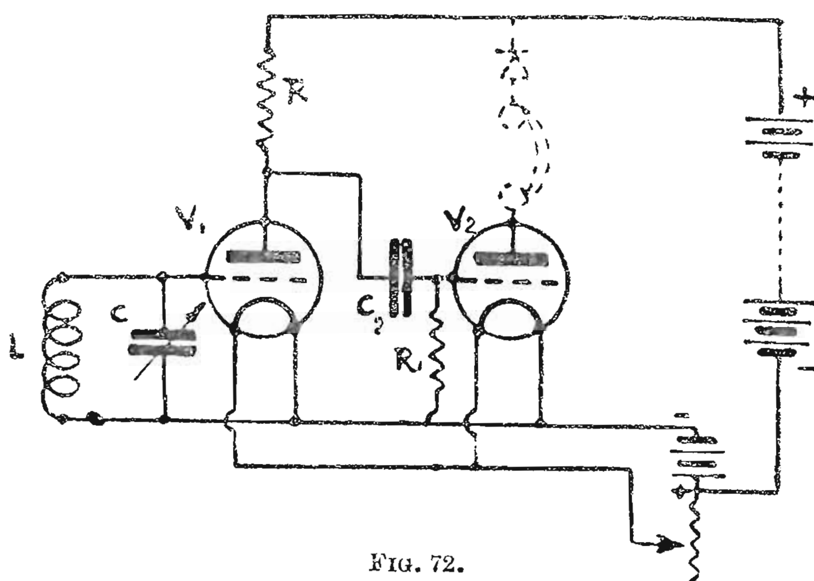


Fig. 72.

32. Amplificatori ad impedenza. — Nell'amplificatore a resistenza si può sostituire la resistenza *R* con un'impedenza costituita da una bobina di induttanza. La tensione alternata si potrà allora trasmettere per mezzo del condensatore C_2 alla griglia della valvola successiva, come negli amplificatori a resistenza.

Questi amplificatori vengono impiegati sia per l'alta che per la bassa frequenza.

Per costituire l'impedenza nel caso dell'alta frequenza, basta una bobina con un certo numero di spire anche senza nucleo di ferro; questo è anzi da evitarsi perchè dà luogo a perdite di energia per correnti parassite.

Nel caso della bassa frequenza, occorre aggiungere il nucleo di ferro, per aumentare l'induttanza, mentre le perdite sono abbastanza limitate data la frequenza bassa.

33. Amplificatori a risonanza. — Si ottengono dagli amplificatori ad impedenza mettendo un condensatore in parallelo sulla impedenza.

In questo caso il complesso induttanza-capacità, in determinate condizioni, rappresenta un'impedenza grandissima per la corrente alternata. Si dimostra precisamente che questa impedenza è massima quando il circuito oscillante così costituito è accordato sull'onda che si vuole ricevere (fig. 73).

Accordando quindi il circuito L_1 C_2 sulla frequenza che si vuol ricevere, si rende massima la sua impedenza e massime

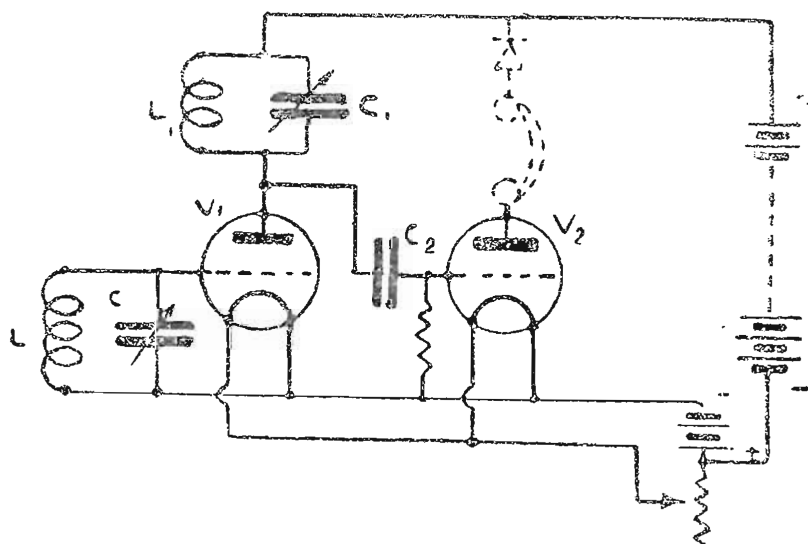


FIG. 73

anche le variazioni di tensione trasmesse attraverso il condensatore C_2 alla griglia della valvola successiva.

Questi amplificatori sono chiamati amplificatori a risonanza.

Questo dispositivo si adatta bene per l'amplificazione ad alta frequenza, ma non per la bassa frequenza, poichè, per realizzare l'accordo sulla bassa frequenza, occorrerebbero bobine e condensatori di induttanza e capacità molto grandi, e quindi di dimensioni eccessive.

Inoltre l'amplificatore a risonanza amplifica solo le oscillazioni che hanno la frequenza su cui è stato accordato il suo circuito oscillante inserito sul circuito di placca, e per conseguenza, adoperandolo per la bassa frequenza, non potrebbe amplificare che i suoni di una data tonalità.

Il vantaggio principale di questi amplificatori, in confronto agli amplificatori a resistenza, è quello di conferire al complesso

ricevente molta selettività, poichè essi amplificano una sola frequenza o meglio una piccola gamma di frequenze, dato che anche l'amplificatore viene accordato sull'onda che si vuol ricevere.

34. Amplificatori a trasformatori. — Quando una delle due bobine che costituiscono un trasformatore è traversata da corrente variabile, si produce per induzione, nell'altra bobina, una corrente analoga.

Inserendo quindi una bobina di un trasformatore nel circuito di placca di una valvola e l'altra bobina nel circuito di griglia della valvola successiva, le variazioni di tensione nell'avvolgimento (*primario*) del circuito di placca, provocheranno delle variazioni nell'avvolgimento (*secondario*) del circuito di griglia. Il potenziale della griglia allora avrà delle variazioni maggiori di quelle applicate alla griglia della prima valvola, e nel circuito di placca della valvola successiva si avrà in conseguenza una variazione di corrente molto più ampia.

Quando questi amplificatori sono usati per l'amplificazione delle correnti a bassa frequenza, i trasformatori hanno gli avvolgimenti avvolti su di un nucleo di ferro. Invece per l'amplificazione ad alta frequenza si adoperano trasformatori senza nucleo.

Il secondario od il primario possono anche essere accordati sull'onda da ricevere mediante condensatori variabili derivati ai loro estremi; in tal caso i ricevitori diventano molto selettivi.

35. Schema di principio di un ricevitore normale. — Nella fig. 74 è rappresentato lo schema di principio del ricevitore usato in alcune stazioni campali con telaio. La prima valvola è raddrizzatrice ed endodina (amplificatrice e generatrice a reazione colle bobine (L L_1). La seconda e terza valvola funzionano da amplificatrici a bassa frequenza con trasformatori a nucleo di ferro. Il telefono è inserito sul circuito di placca dell'ultima valvola. Un condensatore di capacità notevole ($2 \div 10$ m F) inserito in parallelo sul telefono, migliora la ricezione.

Se alle armature del condensatore C_1 si collegano l'aereo e la terra, si ha lo schema di principio dello stesso ricevitore con antenna aperta.

36. Ricevitori speciali. — Più stadi di amplificazione si mettono, più il ricevitore sarà sensibile. Se per esempio le valvole amplificatrici sono tutte eguali e la prima valvola amplifica

6 volte, dopo il passaggio nella seconda valvola la corrente sarà amplificata 36 volte, e dopo la terza 216 volte.

In pratica, però, non s'impiegano più di due o al massimo tre stadi di amplificazione ad alta frequenza, ed altrettanti a bassa.

Quando poi si tratta di amplificazione ad alta frequenza di correnti oscillanti di frequenza molto alta, come sono quelle derivanti da trasmissioni fatte con onde corte, non si otterrebbero, anche con più stadi, delle grandi amplificazioni, perchè la placca ed il filamento, nel circuito di placca, e la griglia ed il filamento, nel circuito di griglia, funzionano come armature di condensatori, e attraverso tali condensatori, la corrente oscil-

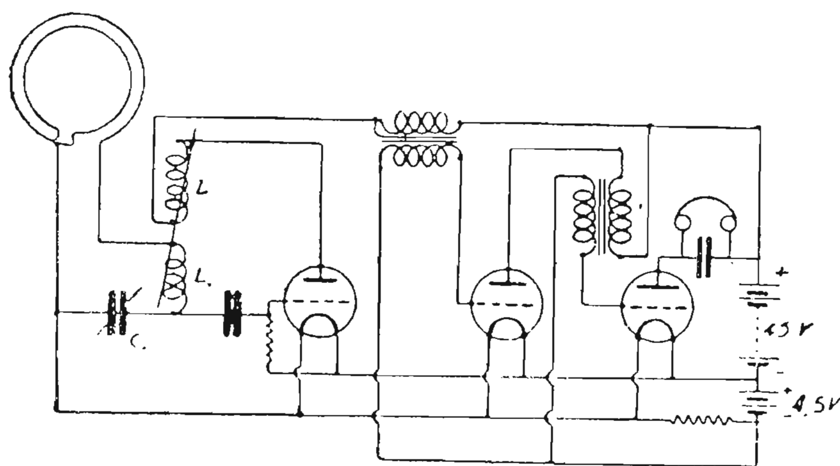


FIG. 74.

lante di frequenza altissima troverebbe vie più facili di quelle dei rispettivi circuiti.

Inoltre la placca e la griglia, che funzionano come le armature di un terzo condensatore, produrrebbero un accoppiamento fra i circuiti di placca e di griglia che potrebbe far diventare generatrice la lampada.

37. Ricevitore neutrodina. — Si potrebbe evitare l'inconveniente dovuto alla capacità placca filamento, impiegando l'amplificatore a risonanza, poichè in questo caso la capacità placca - filamento risulta in parallelo sulla capacità del circuito d'accordo (fig. 75).

Però rimane l'altro inconveniente, già segnalato, che la capacità placca - griglia permette un accoppiamento tra il circuito oscillante di griglia e quello di placca, talchè la valvola può generare oscillazioni che impediscono la ricezione (fig. 76).

Uno dei modi per evitare questo inconveniente è quello di usare i circuiti neutralizzati.

In questi circuiti si aggiungono uno o due condensatori

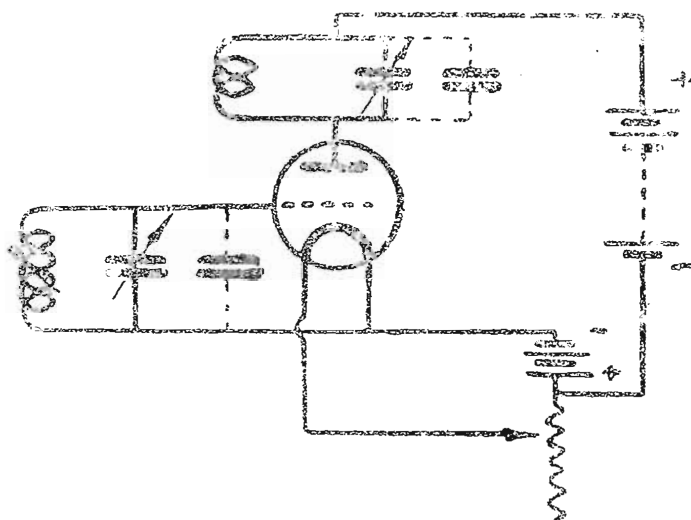


Fig. 75.

opportunamente inseriti come per esempio, nella fig. 77. Per opportuni valori di questi condensatori C_1 e C_2 si neutralizzano le variazioni di potenziale trasmesse dalle capacità placca - gri-

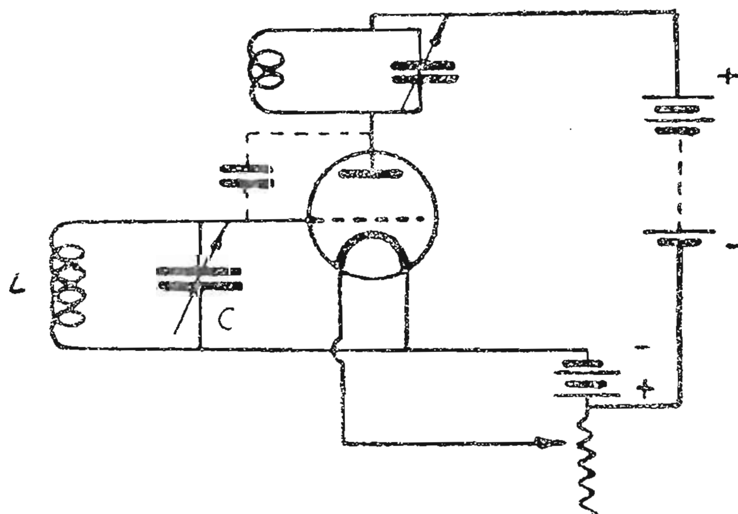


Fig. 76.

glia e griglia - filamento. Questo metodo di amplificazione (neutrodina) è impiegato in alcuni nostri posti di ascolto.

I condensatori C_1 e C_2 sono variabili per regolare la loro capacità in modo da neutralizzare esattamente le variazioni di

potenziale trasmesse al circuito di griglia dalle capacità placca - griglia e griglia - filamento.

Nella fig. 78 è riportato lo schema di un ricevitore neutrodina con telaio.

Il telaio costituisce l'induttanza del circuito d'accordo, mentre il condensatore C ne costituisce la capacità.

Lo schema della valvola V_1 è perfettamente analogo allo schema esaminato per la ricezione neutrodina. Alla bobina L_1 del circuito di placca sono accoppiate invariabilmente (e costituiscono trasformatori ad alta frequenza) due bobine, una

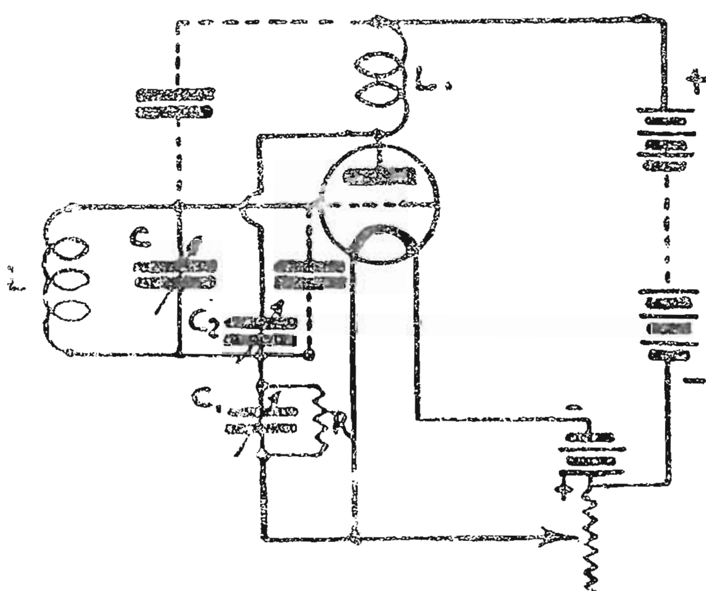


FIG. 77.

L_2 con circuito accordato per trasmettere le variazioni di tensione alla griglia della valvola V_2, l'altra L_1, per trasmettere le variazioni di tensione (prodotte dalla corrente raddrizzata dalla valvola V_2) di nuovo nel circuito di griglia della stessa valvola per mezzo della bobina L_2.

La valvola V_2 funziona quindi da raddrizzatrice ed endodina (amplificatrice e generatrice a reazione). La reazione, essendo fisso l'accoppiamento tra le bobine L_2 ed L_1, si ottiene, in questo caso, variando il condensatore C_3.

Le valvole V_3 e V_4 sono amplificatrici a bassa frequenza e l'amplificazione è ottenuta per mezzo di trasformatori a nucleo di ferro.

Sul circuito di placca dell'ultima valvola è inserito il telefono.

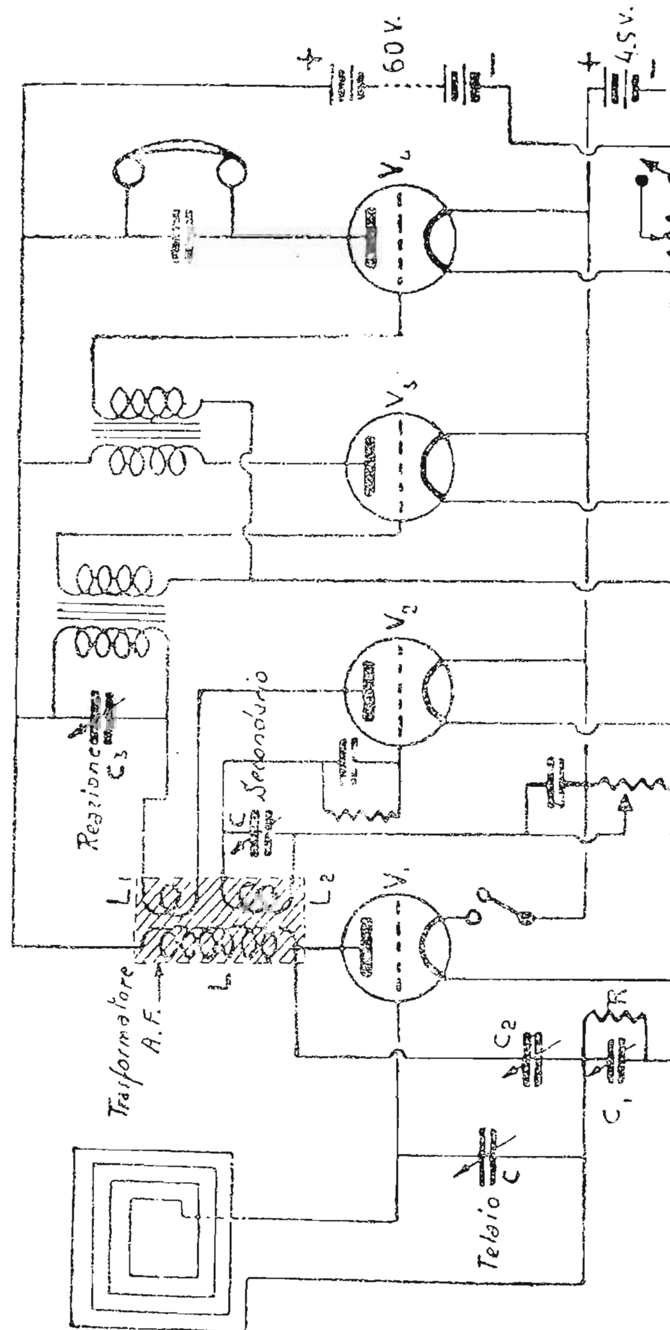

60 V.
4,5 V.
Telaio
Trasformatore
A.F.
Secondario
Reazione
C_3
V_1
V_2
V_3
V_4
L_1
L_2
L
C
C_1
C_2
R

FIG. 78.

Per evitare che i fili costituenti il circuito di placca e quello di griglia diano luogo ad accoppiamenti parassiti si ricorre allo schermaggio, che consiste nel racchiudere in opportune cassette metalliche i suddetti circuiti.

Le cassette metalliche sono poi elettricamente connesse alla massa e quindi alla terra.

Per l'amplificazione ad alta frequenza delle onde corte si usano anche i ricevitori a cambiamento di frequenza oppure le valvole schermate, di cui ai numeri 38, 39 e seguenti.

38. Ricevitore a cambiamento di frequenza (supereterodina). — Prima di effettuare l'amplificazione della corrente ad alta frequenza, se ne abbassa la frequenza, rendendola così più facile ad amplificare. A questo scopo un'eterodina genera delle oscillazioni che interferiscono con quelle in arrivo in modo che la differenza tra le frequenze dell'onda in arrivo e di quella generata dall'eterodina sia sempre uguale ad uno stesso numero, per esempio 30.000. Se la frequenza dell'onda in arrivo è di 3.000.000 (lunghezza d'onda m. 100) si accorda l'eterodina sulla frequenza di 2.970.000 oppure 3.030.000. Nei due casi dopo l'interferenza la frequenza sarà di 30.000. Questa frequenza intermedia è facile ad amplificare. Si possono quindi applicare 3 oppure 4 stadi di amplificazione a risonanza, con i circuiti accordati una volta tanto sulla frequenza intermedia.

Per ricevere onde modulate (telefonia) basta raddrizzare la corrente a frequenza intermedia ed amplificarla nuovamente in bassa frequenza.

Per ricevere invece onde non modulate (telegrafia) occorre provocare, dopo l'amplificazione della media frequenza, di nuovo il fenomeno dell'interferenza, in modo da ottenere una corrente risultante a frequenza udibile, per mezzo di una eterodina, quindi raddrizzare ed amplificare di nuovo in bassa frequenza questa corrente.

Di questi ricevitori a cambiamento di frequenza, oltre quello sopra indicato (*supereterodina*), ne esistono altri tipi.

39. Valvola a quattro e cinque elettrodi o tetrodo e pentodo — Valvole a riscaldamento indiretto del filamento. — Esistono vari tipi di valvole a quattro elettrodi, o tetrodi; ma il più impiegato è quello che contiene una placca, due griglie e un filamento.

I particolari di costruzione di queste valvole variano secondo l'uso per il quale sono destinate.

Le valvole a due griglie comprendono: le valvole a griglia schermante e le valvole bigriglia propriamente dette.

A) TETRODO A GRIGLIA SCHERMANTE.

La fig. 79-*a* mostra la disposizione degli elettrodi in una valvola a griglia schermante. Nella fig. 79-*b* è rappresentato il simbolo usato negli schemi. La griglia interna è simile alla griglia di una valvola a tre elettrodi; l'altra griglia, quella schermante, avvolge completamente la placca. La griglia schermante fa capo alla spina dello zoccolo a cui normalmente è collegata la placca dei triodi; mentre la placca è collegata ad un filo che, attraverso una saldatura posta sulla sommità del tubo, raggiunge un cappuccio terminale metallico. Gli attacchi degli altri elettrodi sono simili a quelli dei triodi.

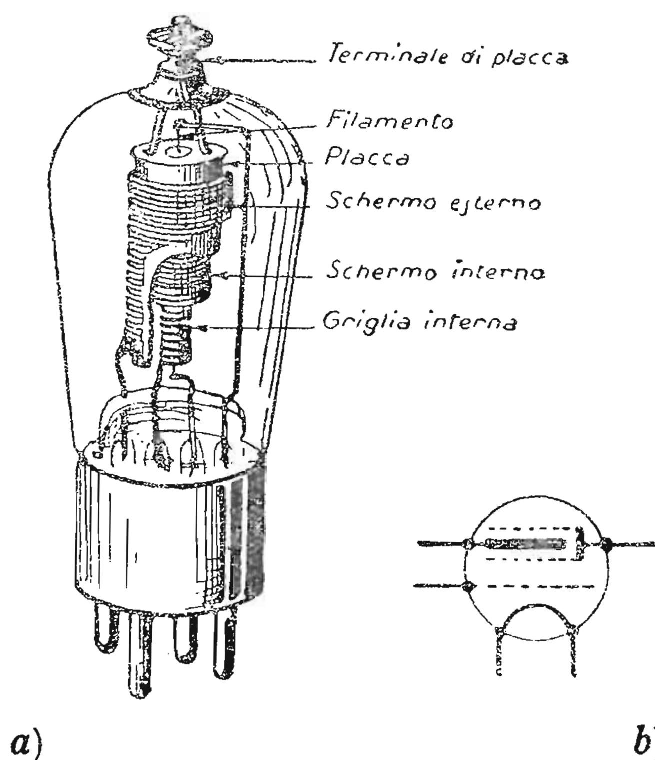


FIG. 79

La griglia schermante ha la proprietà di ridurre moltissimo la capacità placca - griglia, poichè, come si è detto, la placca e la griglia funzionano come armature di un condensatore. Per questo la valvola a griglia schermante è particolarmente adatta per essere usata come amplificatrice ad alta frequenza, specialmente per le onde corte.

Poichè la capacità placca - griglia è piccolissima, è evitato l'accoppiamento di capacità tra placca e griglia ed è reso possibile l'uso dei circuiti accordati (amplificatori a risonanza) ottenendo così una forte amplificazione e grande selettività.

L'inserzione nel circuito della valvola schermata risulta dalla fig. 80. Come si vede lo schermo ha una tensione positiva minore di quella della placca.

Gli elettroni emessi dal filamento per raggiungere la placca devono passare attraverso la griglia ed attraversare lo schermo. Quando sono passati attraverso alla griglia, vengono accelerati

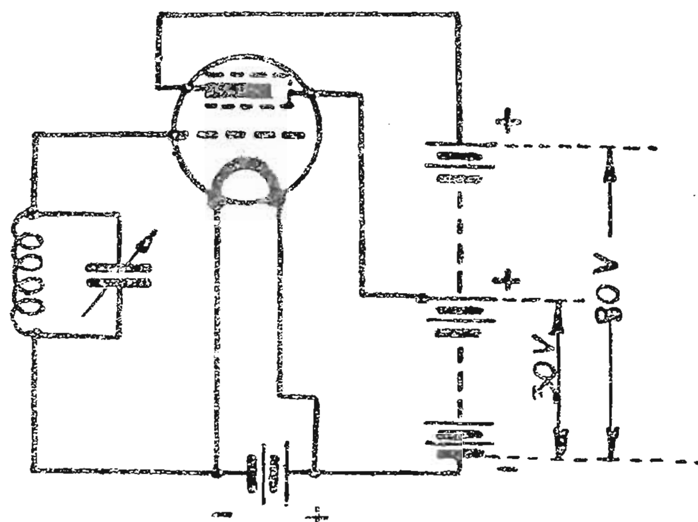


Fig. 80.

nel loro cammino dallo schermo, che è positivo; una piccola parte di essi viene fermata dallo schermo e ritorna al filamento.

B) Tetrodo bigriglia.

Nella fig. 81-*a* è rappresentato l'interno della lampada bigriglia, e nella fig. 81-*b* il simbolo usato negli schemi. In questo tipo di valvola le due griglie sono simili e non differiscono che per la loro posizione relativa rispetto al filamento ed alla placca.

Il collegamento della griglia interna con l'esterno è generalmente ottenuto mediante un piccolo serrafilo sistemato lateralmente allo zoccolo. Gli attacchi degli altri elettrodi sono simili a quelli dei triodi.

La griglia interna o griglia di campo è portata ad un determinato potenziale positivo rispetto al filamento; l'altra griglia, quella esterna, ha la stessa funzione della griglia dei triodi (fig. 82). La disposizione relativa delle griglie in questo tipo di valvola è perciò perfettamente opposta a quella della valvola a griglia schermante.

Nella valvola bigriglia, la tensione di placca è troppo debole in generale per produrre una corrente elettronica sufficiente; la tensione della griglia interna serve a lanciare gli elettroni, che passano attraverso le sue maglie, e continuano la loro tra-

iettoria come in un comune triodo. La griglia interna ha, in certo qual modo, l'ufficio di una pompa di elettroni, ed è portata ad un determinato potenziale positivo rispetto al filamento (¼ ÷ ½ circa del potenziale di placca). L'altra griglia (esterna) ha la funzione ordinaria della griglia, come in un triodo comune.

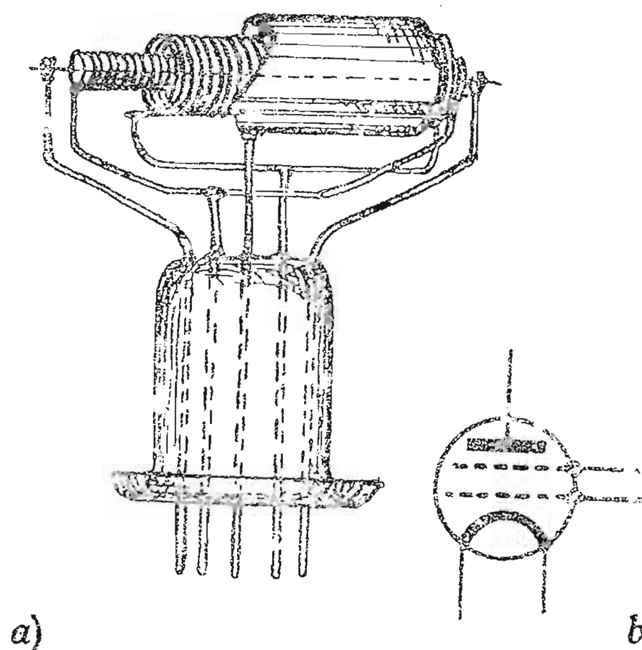
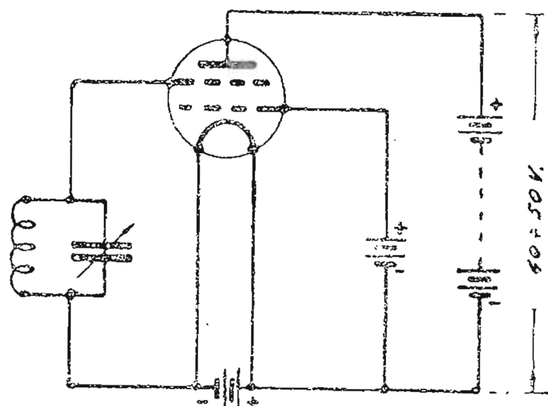


Fig. 81.

L'effetto è come se esistesse un filamento immaginario, vicinissimo alla griglia esterna, molto più vicino di quanto potrebbe essere realizzato praticamente.

Quindi, in determinate condizioni, anche le piccole variazioni di tensione della griglia esterna, producono fortissime variazioni di corrente elettronica, cioè di corrente di placca; perciò questa valvola dà luogo ad una amplificazione molto forte.

Nella fig. 82 è rappresentata una valvola bigriglia montata per ottenere una grande amplificazione: è utilizzata una tensione positiva di qualche Volt sulla griglia interna; e la placca è portata ad una tensione positiva di 40 ÷ 50 Volt.


Fig. 82.

Si usano anche le valvole bigriglia dando a ciascuna griglia una funzione differente (montaggio a due griglie).

Così sono stati studiati dei montaggi in cui una valvola bigriglia funziona da amplificatrice ad alta frequenza, rivelatrice a bassa frequenza; oppure come amplificatrice a reazione doppia facendo funzionare la griglia interna come una placca, ed altri montaggi ancora.

Però questi circuiti a doppia funzione sono poco usati, perchè la capacità esistente tra le griglie, rende impossibile di variare il potenziale di una di esse senza influenzare l'altra.

C) Pentodo.

Il pentodo non è altro che un tetrodo schermato in cui tra lo schermo e la placca è stata inserita un'altra griglia.

Nei tetrodi si verifica in determinate condizioni un fenomeno dipendente dall'intenso bombardamento elettronico a cui è soggetta la placca in seguito alle altissime velocità assunte dagli elettroni per effetto del potenziale dello schermo.

In queste condizioni la placca si riscalda molto ed emette degli elettroni (*emissione secondaria*), i quali vanno a modificare il funzionamento regolare del tetrodo.

Per evitare questo fatto s'inserisce, tra lo schermo e la placca un'altra griglia, che si collega al punto di mezzo del filamento (potenziale zero).

Così, mentre gli elettroni emessi dal filamento possono passare attraverso il quinto elettrodo, nonostante il suo potenziale nullo, per la grande velocità che assumono nella vicinanza dello schermo, gli elettroni emessi dalla placca, che non assumono mai velocità elevata, perchè vengono emessi in una zona in cui si fa sentire l'attrazione della placca positiva, sono assorbiti dal quinto elettrodo e non disturbano quindi il normale funzionamento del tubo a vuoto.

L'inserzione del pentodo in un circuito è conforme a quella delle valvole schermate.

Valvole a riscaldamento indiretto del filamento. — Nelle comuni valvole si usa una batteria di pile od accumulatori per riscaldare il filamento e portarlo ad una temperatura tale per cui cominci l'emissione elettronica (n. 23). Per evitare l'uso delle pile e degli accumulatori nei ricevitori, dove si dispone di corrente alternata per illuminazione si è pensato di riscaldare il filamento delle valvole utilizzando quest'ultima corrente.

Non si può alimentare direttamente il filamento con la corrente alternata poichè, essendo questa una corrente variabile, produce una variazione periodica di corrente elettronica che disturba la ricezione.

Per evitare questo inconveniente si usa il dispositivo rappresentato in fig. 83.

Al posto del filamento vi è un piccolo tubicino di metallo nell'interno del quale vi è un filo sottile percorso dalla corrente alternata.

Il filo percorso dalla corrente alternata diventa incandescente e riscalda il tubicino di metallo portandolo ad una temperatura tale per cui emette gli elettroni. Il tubicino quindi sostituisce il filamento dei comuni triodi.

In questo modo la corrente alternata non disturba la rice-

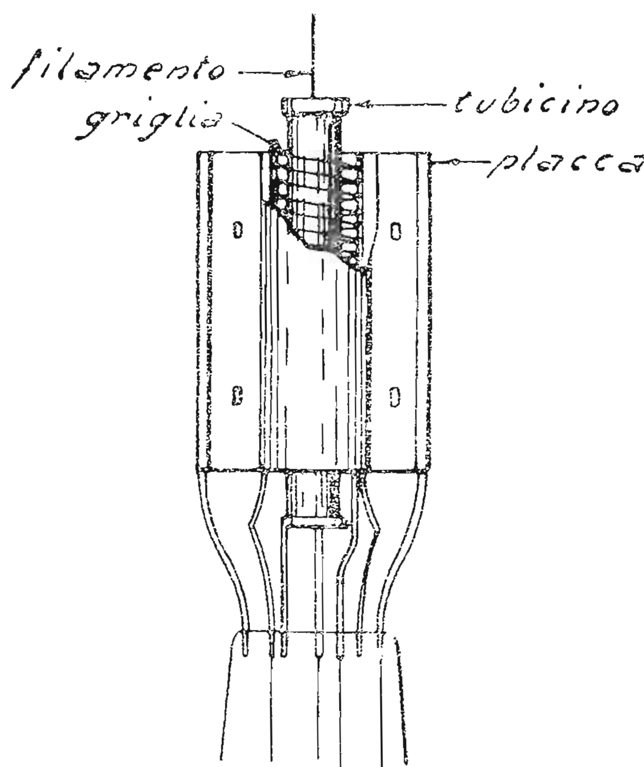


Fig. 83.

zione. Il tubicino di metallo è coperto esternamente da uno strato di una sostanza speciale capace di emettere gli elettroni a temperatura relativamente bassa: non è necessario portare il tubicino di metallo all'incandescenza. È evidente che questi triodi possono funzionare anche con corrente continua, fornita da pile, o da accumulatori, però richiedono una corrente superiore a quella occorrente nei comuni triodi.

I triodi a riscaldamento indiretto con corrente alternata, oltre a consentire il risparmio di batterie di pile ed accumulatori, in generale dànno anche un rendimento maggiore di quello dei comuni triodi, sono più robusti e di maggior durata.

CAPO SESTO

40. Apparecchi di misura. — Le misure che occorre frequentemente eseguire nelle stazioni radiotelegrafiche sono: la misura dell'intensità di corrente continua od oscillante, la misura della differenza di potenziale continua, e la misura della lunghezza d'onda. Si accenna di seguito agli strumenti impiegati comunemente nelle nostre stazioni per queste misure.

41. Ampermetro a corrente continua. — Serve a misurare l'intensità della corrente. È generalmente composto da una calamita a ferro di cavallo ed una bobina mobile (fig. 84).

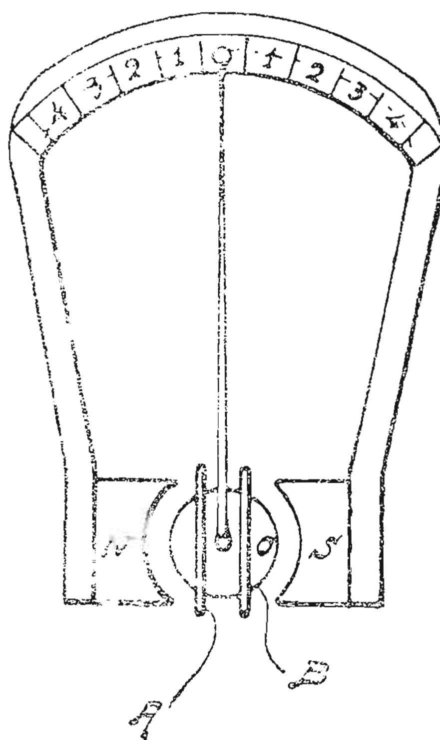


Fig. 84.

Tra i poli della calamita si trova un nucleo cilindrico di ferro dolce che serve a rendere più sensibile lo strumento. Nello spazio compreso tra i poli della calamita ed il nucleo di ferro trovasi la bobina, che è costituita da un piccolo telaio su cui è avvolto del filo di piccola resistenza.

La bobina è girevole intorno all'asse *O*, e porta solidale un indice che scorre su una graduazione.

La corrente da misurare viene fatta circolare nella bobina, i cui estremi fanno capo a due serrafili *A*, *B*. Opportune molle a spirali mantengono la bobina nella posizione indicata in figura,in corrispondenza della quale l'indice segna zero. Per quanto è stato detto al n. 9 quando nella bobina passa corrente, essa tende a ruotare. Sotto le azioni, deviatrice della corrente

e resistente delle molle, che tendono a mantenerla nella posizione iniziale, la bobina ruota di un angolo la cui ampiezza dipende dall'intensità della corrente. L'indice segnerà sull'apposita graduazione la misura dell'intensità di corrente che percorre la bobina.

L'ampermetro *A* (fig. 85) viene inserito in serie nel circuito, in modo che la corrente da misurare circoli tutta nella bobina dello strumento.

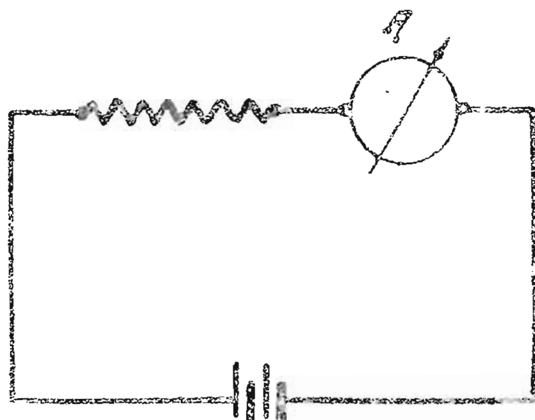


Fig. 85.

La resistenza dell'ampermetro dovrà essere relativamente piccola perchè la sua inserzione nel circuito non modifichi sensibilmente la resistenza totale di questo e per conseguenza l'intensità della corrente.

Gli ampermetri costruiti per la misura di deboli intensità di corrente si chiamano milliampermetri o galvanometri.

Questo tipo di strumento non potrebbe servire per la misura della intensità di una corrente alternata, perchè la bobina sarebbe sollecitata alternativamente nei due sensi, e quindi in sostanza resterebbe ferma.

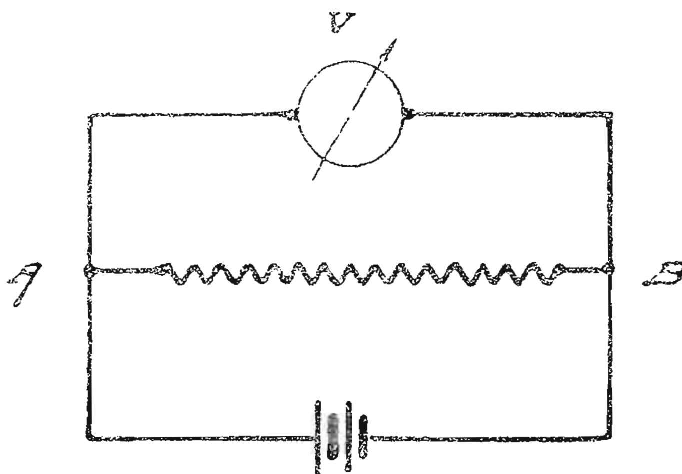


Fig. 86.

42. Voltmetro a corrente continua. — È costituito in genere come l'ampermetro, con la sola differenza che il voltmetro ha una grande resistenza interna ottenuta, sia facendo la bobina con filo che offra molta resistenza al passaggio della corrente, sia inserendo delle opportune resistenze in serie alla bobina mobile.

Il voltmetro (fig. 86) viene inserito in derivazione tra i punti *A* e *B* di un circuito, tra i quali si vuol misurare la differenza di

potenziale. La resistenza del voltmetro deve essere relativamente grande perchè la sua inserzione in derivazione, aumenti di poco la corrente erogata dal generatore, e quindi non modifichi sensibilmente la caduta di tensione tra i due punti di inserzione.

43. Ampermetro per correnti ad alta frequenza. — Gli ampermetri comunemente impiegati per misurare l'intensità di corrente ad alta frequenza sono quelli *a filo caldo.*

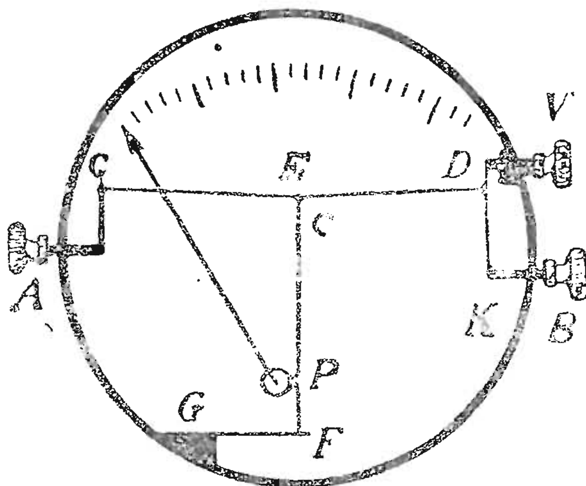


FIG. 87.

Il principio di funzionamento di questi strumenti è il seguente: la corrente da misurare passa per i serrafili *A* e *B* (fig. 87) e percorre il filo *C D* che si riscalda. Al punto di mezzo *E* di questo filo è saldato un altro filo metallico che va ad avvolgersi su una piccola puleggia *P*, sull'asse della quale è fissato l'indice. Questo filo è teso dalla molla a lamina *G F*. Il riscaldamento del filo *C D*, per effetto della corrente che l'attraversa, provoca la sua dilatazione e quindi il suo allungamento; il punto *E* si abbassa per effetto della molla *G F* e l'indice si sposta trascinato dalla puleggia. Uno dei punti di attacco del filo caldo, il punto *D*, è fissato ad una molla *K D*, e può essere leggermente spostato mediante la vite di regolazione *V* che permette di riportare l'indice allo zero, quando nello strumento non passa corrente. Questi strumenti si tarano facendoli attraversare da corrente continua di nota intensità; essi misurano i valori efficaci delle correnti oscillanti.

44. Ampermetro con pinza o coppia termoelettrica. — Per la misura delle correnti oscillanti poco intense si impiegano le pinze o coppie termoelettriche.

Due fili, uno di ferro *a b* (fig. 88) l'altro di costantana *c d*, messi in croce e saldati in *O*, costituiscono una pinza o coppia termo-elettrica. Un milliampermetro per corrente continua *A* è inserito tra *b* e *d*. Se la temperatura delle saldature *O d b* è la stessa, nessuna corrente attraversa questo circuito. Ma se si

riscalda una delle saldature, *O* per esempio, restando invariabile la temperatura delle altre, si verifica una corrente continua nel circuito, e l'ago del galvanometro devia.

Se la corrente oscillante da misurare si fa circolare attraverso il circuito *i a o c h*, essa produce calore, riscalda la saldatura *O* e l'indice del milliampermetro devia. Questa deviazione è tanto maggiore quanto più elevata è la temperatura di *O*, cioè quanto più intensa è la corrente che si misura.

La coppia si tara assieme al milliampermetro, come per gli ampermetri a filo caldo, mediante l'indicazione data dallo strumento sotto l'azione di corrente continua di nota intensità.

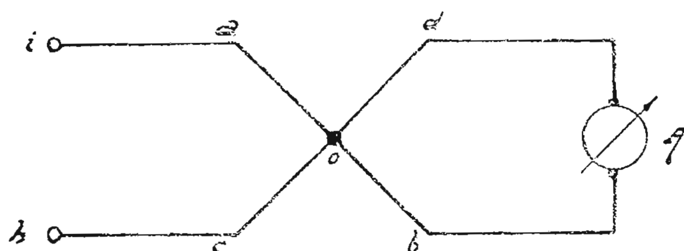


Fig. 88.

Per piccole intensità di corrente oscillante, e quando non si ha interesse di conoscere il valore della intensità della corrente oscillante, ma si vuole semplicemente un indicatore di massima corrente, si può inserire nel circuito percorso dalla corrente una piccola lampadina ad incandescenza. La massima intensità luminosa della lampadina corrisponde alla massima intensità di corrente.

45. Ondametro. — L'ondametro serve a misurare la lunghezza dell'onda di un generatore, oppure la lunghezza dell'onda su cui è accordato un ricevitore.

La parte essenziale di un ondametro è un circuito oscillante formato da una induttanza *L* e da un condensatore variabile *C* (fig. 89).

Un'apposita tabella o curva di taratura fornisce la lunghezza d'onda corrispondente ad ogni divisione del condensatore.

Per poter misurare la lunghezza dell'onda emessa da un generatore, occorre inserire agli estremi del condensatore un raddrizzatore (per esempio galena) ed un milliampermetro, come è segnato punteggiato nella fig. 89, oppure inserire in serie al circuito oscillante una piccola lampadina ad incandescenza *M*. Variando la capacità *C* dell'ondametro si otterrà la mas-

sima intensità di corrente al milliampermetro, oppure la lampadina avrà la massima incandescenza, quando l'ondametro sarà in risonanza con l'onda del generatore.

Per le stazioni di piccola potenza si usa effettuare la misura per assorbimento riducendo l'ondametro semplicemente alla induttanza ed al condensatore variabile. Quando un circuito capace di oscillare si trova nelle vicinanze di un generatore, si verificano in esso delle oscillazioni, che diventano notevoli quando la lunghezza d'onda propria è uguale a quella del generatore, cioè quando i due circuiti sono in risonanza. La corrente circola nell'ondametro a spese del generatore ed al momento dell'accordo l'intensità di corrente del generatore subisce una netta diminuzione, che si rivela all'ampermetro che misura detta corrente.

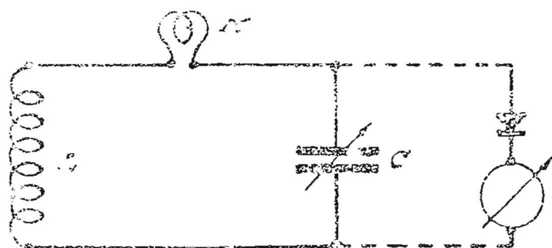


Fig. 89.

Per impiegare un ondametro ad assorbimento lo si accoppierà induttivamente col generatore e si manovrerà il condensatore variabile sino al momento in cui si vedrà diminuire l'intensità di corrente del generatore. La lunghezza d'onda del generatore sarà quella corrispondente alla graduazione del condensatore dell'ondametro, con la quale si è avuta la diminuzione di corrente.

Perchè questa misura sia precisa conviene accoppiare debolmente l'ondametro al circuito del generatore, in modo da avere una diminuzione di corrente del generatore non troppo grande.

Lo stesso metodo si impiega per la misura della lunghezza d'onda per la quale è accordato un ricevitore. Si procede in questo modo: s'innesca la reazione del ricevitore e tenendo la cuffia all'orecchio si sente il caratteristico « tic »; si accoppia quindi l'ondametro al ricevitore e si manovra il condensatore dell'ondametro sino a che sparisce il fruscìo dovuto alla reazione.

In questo caso trattandosi di deboli oscillazioni, quando l'ondametro è in risonanza col ricevitore, la reazione si disinnesca. La lunghezza d'onda del ricevitore è quella corrispondente alla graduazione del condensatore dell'ondametro per cui si è avuto il disinnesco delle oscillazioni.

Anche in questo caso conviene in genere impiegare accoppiamenti deboli.

46. Ondametro a quarzo. — Un ondametro a quarzo consta di una induttanza e di una specie di piccolo condensatore fisso, in cui il dielettrico è una sottile laminetta di quarzo.

Il quarzo, sottoposto ad una differenza di potenziale ad alta frequenza, subisce delle vibrazioni elastiche, con un periodo eguale a quello della tensione ad alta frequenza. La lastrina di quarzo ha però un periodo proprio, dipendente dalle sue dimensioni geometriche, col quale subisce più facilmente queste variazioni periodiche.

Se il periodo della tensione applicata al quarzo coincide col periodo proprio del quarzo, si ha un effetto di risonanza per cui l'intensità della corrente oscillante diventa massima.

Generalmente i ricevitori ed i generatori radiotelegrafici hanno in dotazione una tabella di taratura da cui risulta l'onda che corrisponde ad ogni divisione del condensatore del circuito oscillante.

Per mezzo del quarzo si possono ottenere delle onde campioni, cioè non suscettibili di sensibili variazioni, che possono servire per la verifica della tabella di taratura dei ricevitori o dei generatori.

L'ondametro a quarzo per onda campione vibra su una sola lunghezza d'onda (quella del quarzo) e si adopera come l'ondametro ad assorbimento. Accoppiando l'induttanza dell'ondametro col generatore e col ricevitore, e variando la capacità dei circuiti oscillanti di questi, si troverà il punto in cui si verifica rispettivamente la diminuzione di corrente di antenna ovvero il disinnesco della reazione.

La graduazione del condensatore per la quale si verifica la diminuzione della corrente di antenna, nel caso del trasmettitore, oppure il disinnesco della oscillazione, nel caso del ricevitore, è quella che corrisponde alla lunghezza d'onda campione dell'ondametro a quarzo.

Spesso si hanno diverse onde campioni, utilizzando diversi cristalli di quarzo, comprese nella gamma d'onda dei generatori e ricevitori; si ha così il modo di poter verificare la loro taratura in diversi punti della gamma.

NOZIONI DI OTTICA

CAPO SETTIMO

47. Definizioni. — I corpi sono *visibili* quando emettono o diffondono *luce*.

I corpi che emettono luce propria chiamansi *sorgenti luminose* o *sorgenti di luce:* le sorgenti luminose sono *naturali* come il sole e le stelle, od *artificiali* come le fiamme delle lampade, i corpi portati all'incandescenza, ecc.

I corpi non luminosi posti in presenza di una sorgente di luce sono da questa illuminati e diffondono la luce in tutte le direzioni: in tal senso possono anch'essi esser considerati come sorgenti luminose.

48. Propagazione della luce. — La luce si propaga dai corpi luminosi nello spazio circostante in tutti i sensi, con direzione rettilinea.

49. Corpi opachi e corpi trasparenti, diafani, traslucidi. — Un corpo dicesi *opaco*, se non si lascia attraversare dalla luce, come il legno, il ferro, ecc.; dicesi *trasparente* in caso contrario.

Un corpo trasparente poi, dicesi *diafano*, se attraverso ad esso si vedono le forme ed i colori di oggetti retrostanti, come avviene pel vetro, per l'aria, per l'acqua; e *traslucido*, se ciò non avviene, come per la carta in fogli, pel vetro smerigliato, per la mica in lamine sottili, ecc.

50. Raggio luminoso e raggio visuale. — La retta $A\ B$ (fig. 90) percorsa dalla luce partente dal punto luminoso A e diretta ad un altro punto B, dicesi *raggio luminoso*.

se questo è ricevuto dall'occhio, che a sua volta (fig. 91) vede il corpo luminoso, dicesi *raggio visuale*, od anche semplicemente *visuale*.

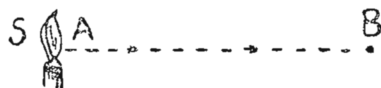


FIG. 90.

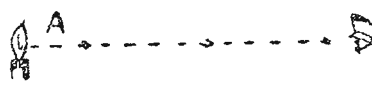


FIG. 91.

L'insieme dei raggi luminosi che i vari punti di un corpo luminoso A C (fig. 92) inviano ad un punto B, o ad un corpo B (fig. 93), dicesi *fascio luminoso* o *fascio di raggi*.

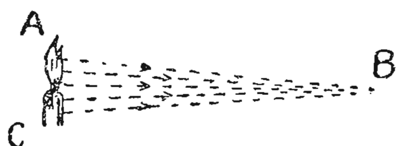


FIG. 92.

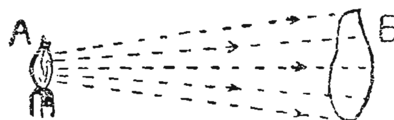


FIG. 93.

51. Intensità luminosa. — L'idea dell'*intensità luminosa* nasce dal paragone di due sorgenti luminose.

L'intensità luminosa di una sorgente è tanto più grande, quanto maggiore è la quantità di luce che essa emette.

Essa si misura per confronto con quella di una determinata sorgente la cui intensità serve come unità di misura, e che comunemente dicesi *candela*.

Così si dice che una sorgente ha l'intensità luminosa di 5-10 candele, quando la sua intensità luminosa è di cinque, dieci volte quella di 1 candela.

52. Variazione dell'illuminazione con la distanza dell'oggetto illuminato. — Si consideri un disco di carta (fig. 94) posto in presenza di una sorgente luminosa S, prima in a b e poi in a' b'. Nella prima posizione esso riceve dalla sorgente tutti i raggi contenuti

nel fascio *a S b*, e nella seconda posizione *a' b'* solo una parte di quelli compresi nel fascio *p S q*. Il disco si presenterà dunque meno illuminato in *a' b'* che in *a b*; e l'esperienza dimostra che, se la distanza *S A'* è doppia di *S A*, l'intensità in *A* è $\frac{1}{4}$, ossia $\frac{1}{2^2}$ di quella che si ha in *A*: se *SA'*, è tripla di *SA*, l'intensità si riduce ad $\frac{1}{9}$ ossia ad $\frac{1}{3^2}$ e così di seguito. In altri termini si dice che *l'intensità dell'illuminazione varia in ragione inversa del quadrato della distanza.*

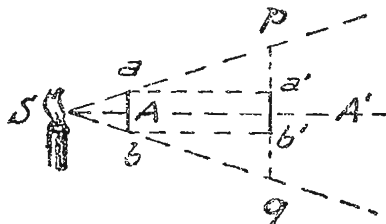


FIG. 94.

53. Specchi – Diffusione e riflessione della luce. — I raggi di un fascio luminoso che incontrano un corpo opaco, rimbalzano percorrendo direzioni varie, a seconda delle circostanze. Possono presentarsi due casi distinti, cioè:

1° Il corpo opaco è scabro; ed allora i raggi luminosi rimbalzano in tutte le direzioni illuminando il corpo colpito e lo spazio circostante: il corpo opaco si comporta come una sorgente luminosa, e la luce che esso emette dicesi *luce diffusa.*

2° Il corpo è levigato e ben terso; ed allora i raggi luminosi rimbalzano tutti secondo una direzione ben determinata formando nel loro insieme, un fascio luminoso analogo al primitivo. La luce che il corpo opaco emette in questo caso dicesi *luce riflessa.*

Il fascio di luce che *va al corpo* dicesi *fascio incidente;* il fascio che *esce dal corpo* dicesi *fascio riflesso.* Analoghe definizioni sussistono se in luogo di un fascio luminoso si considera un raggio luminoso: si ha cioè il *raggio incidente* ed il *raggio riflesso:* e si dice poi *punto di incidenza* quello in cui il raggio incidente colpisce il corpo terso e levigato, ossia quel punto in cui ha luogo la *rifl ssione del raggio.*

Specchio è qualunque corpo opaco ben levigato e terso che si impieghi per riflettere la luce.

Gli specchi propriamente detti sono costituiti da una superficie metallica ben lucida, o da vetro con una faccia inargentata: anche in questo caso però la superficie riflettente è la metallica, applicata al vetro.

Quando un raggio di luce incide sopra uno specchio di vetro, una sola parte della luce viene riflessa, perchè una parte, minima, per causa delle scabrosità sempre esistenti sul vetro, viene diffusa in direzioni diverse, ed una parte viene assorbita. Coi migliori specchi di vetro l'intensità del fascio riflesso si ritiene essere $^2/_3$ di quella del fascio incidente.

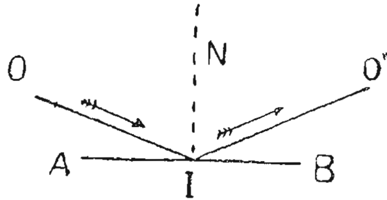


Fig. 95.

Se ad uno specchio (*A B* fig. 95) si conduce la normale *NI* nel punto di incidenza *I*, l'angolo *OIN*, fatto dal raggio incidente *OI*, con questa normale, dicesi *angolo di incidenza*, e l'angolo *NIO'* fatto dal raggio riflesso con la medesima, dicesi *angolo di riflessione*.

La riflessione avviene secondo le seguenti leggi principali:

a) *l'angolo di riflessione è uguale all'angolo d'incidenza e trovasi con esso in un medesimo piano;*

b) *se una superficie riflettente gira di un certo angolo, attorno ad una retta contenuta nel suo piano, il raggio, od il fascio luminoso riflesso, gira di un angolo doppio nel medesimo verso.*

Infatti se sopra uno specchio piano *MN* (fig. 96) si fa cadere un raggio luminoso *OA* e si determina la direzione del raggio riflesso *AO'*, quindi si fa girare lo specchio intorno al punto di incidenza, in modo che la nuova normale *AH'* sia ancora nel piano *OAH* della figura, e si determina la nuova direzione *AO''* del raggio riflesso, si trova che esso si è spostato di un angolo *O'AO''* doppio di quello *MAM'* di cui si è spostato lo specchio.

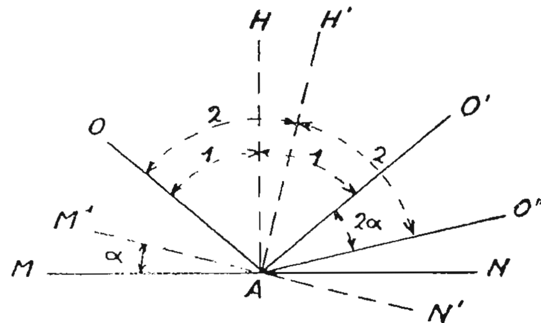


Fig. 96.

54. Rifrazione – Prismi e lenti. — Se un raggio di luce incontra obliquamente un corpo trasparente, la luce è in parte assorbita e in parte riflessa, ma la maggior parte attraversa il corpo, subendo una deviazione dalla direzione primitiva; tale fenomeno dicesi *rifrazione*, e si manifesta seguendo questa legge: *un raggio luminoso, passando da un mezzo ad un altro, si piega al punto di incidenza, accostandosi alla normale*

tirata per questo punto alla superficie di separazione dei due mezzi, se il secondo mezzo è più denso del primo, od allontanandosi dalla normale stessa, se il secondo mezzo è meno denso.

Se un raggio di luce OA (fig. 97) incontra in A (punto d'incidenza) la superficie $P\ Q$ dell'acqua contenuta in una vasca $a\ b\ c\ d$, esso non continua in direzione AB, ma si rifrange nella direzione AB_1 avvicinandosi cioè alla normale HA condotta nel punto d'incidenza alla superficie di separazione dei due mezzi.

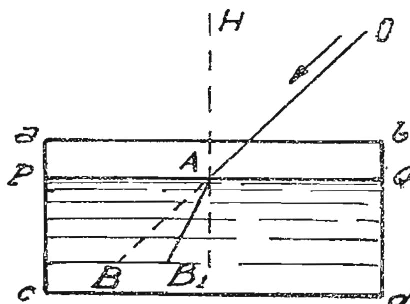


FIG. 97.

Dicesi *prisma* un solido regolare di cristallo ordinariamente a sezione triangolare.

Diconsi *lenti* dei corpi trasparenti generalmente a contorno circolare (dischi) e terminati da due superfici curve, concave e convesse (ordinariamente superfici sferiche), oppure da una superficie piana e da una curva.

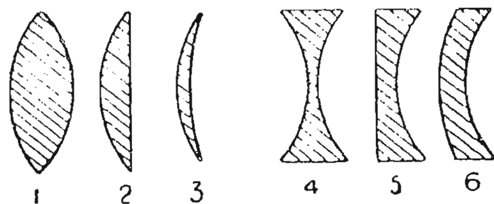


FIG. 98.

Secondo le combinazioni, due a due, delle diverse superfici si hanno sei specie di lenti, rappresentate in sezione nella fig. 98, le quali prendono i nomi seguenti: 1° lente biconvessa; 2° lente piano-convessa; 3° menisco convesso; 4° lente biconcava; 5° lente piano-concava; 6° menisco concavo.

Le lenti delle 3 prime specie (più grosse nel mezzo che sull'orlo) si dicono *convergenti;* quelle delle altre 3 specie, *divergenti.* In telegrafia ottica si adoperano solamente lenti convergenti.

55. Rifrazione attraverso lastre a facce piane e parallele ed attraverso prismi e lenti. — Se un raggio luminoso LM (fig. 99) incontra in M la faccia $A\ B$ di una lastra trasparente di grossezza uniforme e di densità superiore a quella dell'aria, penetrando nella massa vitrea si piega accostandosi alla normale MH, e segue la direzione MN; quando poi, giunto in N, esce nell'aria, si piega di nuovo

scostandosi dalla normale NK, perchè l'aria è meno densa della lastra dalla quale proviene.

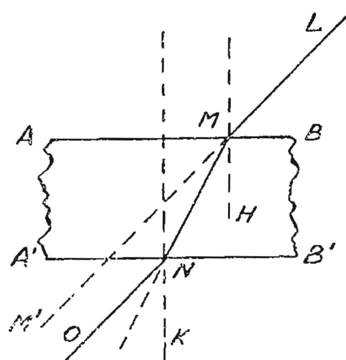


FIG. 99.

La direzione finale NO del raggio rifratto è parallela alla direzione primitiva LM; quindi, se coll'occhio posto in L si guarda un oggetto posto in O, questo comparisce come posto in M' (giacchè l'occhio vede sempre gli oggetti sul prolungamento dell'ultimo raggio che riceve), cioè spostato dalla sua vera posizione.

Facendo cadere sopra una faccia di un prisma triangolare un raggio di luce bianca (fig. 100), esso esce, dopo due rifrazioni, sotto forma di una fascia (che dicesi *spettro*) presentante dei brillanti colori in quest'ordine: rosso, arancio, giallo, verde, turchino, indaco e violetto.

Ciò dipende dal fatto che il raggio di luce bianca è composto di tanti raggi colorati, i quali hanno un *indice di rifrazione*

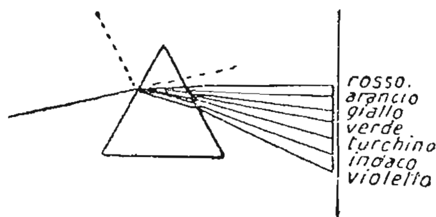


FIG. 100.

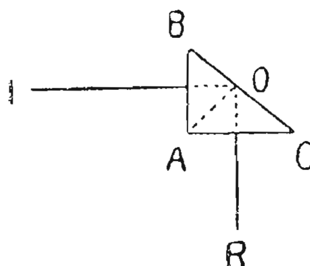


FIG. 101.

diverso uno dall'altro: cioè il raggio arancio si rifrange più del rosso, il giallo più dell'arancio, il verde più del giallo, il turchino più del verde, ecc.

Se il prisma ha sezione di triangolo rettangolo isoscele, un raggio incidente I (fig. 101) attraversa normalmente la faccia $A\ B$, indebolendosi pochissimo per riflessione, e cadendo sulla faccia BC, sotto un angolo (45°) maggiore del cosidetto *angolo limite* (che fra aria e vetro è uguale a 42°), oltre il quale non è più possibile la rifrazione, si riflette totalmente quindi in direzione $O\ R$, normale alla terza faccia $A\ C$.

Il prisma ABC dicesi *prisma a riflessione totale*.

Se infine, si dispone davanti ad una lente convergente *L* (fig. 102) una sorgente luminosa *A B* (una fiamma di candela, od anche un corpo illuminato) e dall'altra parte della lente

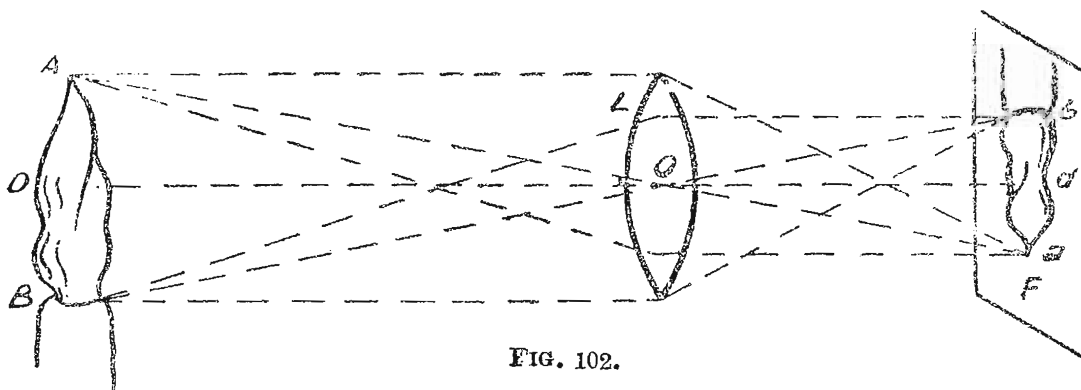


FIG. 102.

teniamo un foglio di carta *F*, regolando opportunamente la distanza della fiamma e del foglio di carta dalla lente, si ottiene sulla carta, dopo pochi tentativi, un disegno perfettamente nitido *a b* della sorgente luminosa rovesciata. Ciò è dovuto al fatto che i raggi di luce partiti da ciascun punto della sorgente e che hanno colpita la lente, sono rifratti due volte attraversandola, e si sono riuniti, dalla parte opposta, in una figura che dicesi l'immagine della sorgente *AB*. Ai punti *A*, *B*, ecc. della sorgente corrispondono i punti coniugati *a*, *b*, ecc. dell'immagine.

Reciprocamente, se si ponesse in *a b* la sorgente luminosa, se ne avrebbe l'immagine in *BA;* ed *A*, *B*, ecc. sarebbero i fuochi coniugati di *a*, *b*, ecc.

56. Assi della lente – Centro ottico. — Se con una retta si unisce il punto *A* col suo coniugato *a*, con un'altra il punto *B* con *b*, ecc. si trova che tutte queste rette passano per un punto *O* della lente, che dicesi *centro ottico;* il quale in una lente biconvessa è posto nell'interno della massa; e in una lente piano convessa (fig. 103) è posto là dove 'asse principale incontra la superficie convessa.

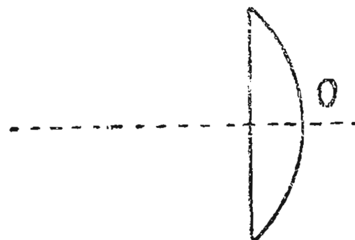


FIG. 103.

Le rette che uniscono i punti *A*, *B*... coi loro coniugati *a*, *b*... si dicono *assi della lente*. Fra gli innumerevoli assi di una lente, quello che passa per i centri delle superfici sferiche che terminano la lente *L*, dicesi *asse principale* della lente; gli altri diconsi *assi secondari*.

57. Effetti di una lente davanti ad una sorgente luminosa. — Mettendo una sorgente luminosa, ad esempio, una fiamma *A* (fig. 104), davanti ad una lente *L* e l'occhio nel punto *a*, dove si formerebbe l'immagine di quella, e guardando la lente, esso non riceverà che i raggi contenuti nel fascio conico avente per base la lente.

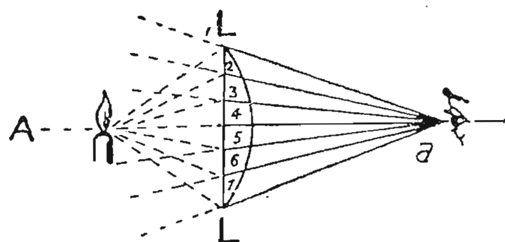


FIG. 104.

L'occhio dunque vedrà la fiamma come posta su tutte le direzioni *a*1 *a*2, *a*3..., ossia vedrà tutta la superficie *LL* della lente illuminata uniformemente con intensità alquanto minore di quella specifica della fiamma.

58. Fuoco principale di una lente convergente e modo di trovarlo. — Allontanando la sorgente luminosa della lente nell'esperienza rappresentata nella fig. 104, l'immagine di quella s'avvicina alla lente stessa impiccolendosi fino a diventare puntiforme. Quando però la sorgente luminosa è giunta a distanza notevole, l'avvicinamento dell'immagine puntiforme è insensibile, finchè per distanze molto grandi, essa occupa un punto invariabile dell'asse principale; quel punto è detto *fuoco principale della lente.*

Esso può praticamente trovarsi esponendo la lente davanti ad una sorgente luminosa posta a grande distanza, ad esempio il sole. I raggi solari (che giungono alla lente in un fascio, paralleli fra di loro), si riuniscono dalla parte opposta nel punto *F* (fig. 105) che è il fuoco principale di cui trattasi.

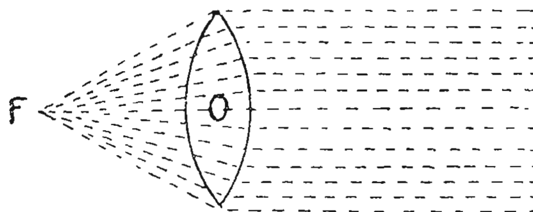


FIG. 105.

La distanza fra il centro ottico di una lente ed il fuoco principale (cioè *FO*) dicesi *distanza focale principale* o semplicemente *distanza focale.*

59. Fascio di raggi uscente da una lente convergente. — Se nel fuoco principale di una lente biconvessa, o piano-convessa, si pone una sorgente luminosa ridotta ad un punto matematico *F* (*fig.* 105) il fascio dei raggi che arriva alla lente

è un fascio conico e quello dei raggi emergenti è un fascio cilindrico con base eguale alla lente. In pratica, siccome la sorgente luminosa ha una certa estensione, il fascio dei raggi emergenti risulta conico (fig. 106).

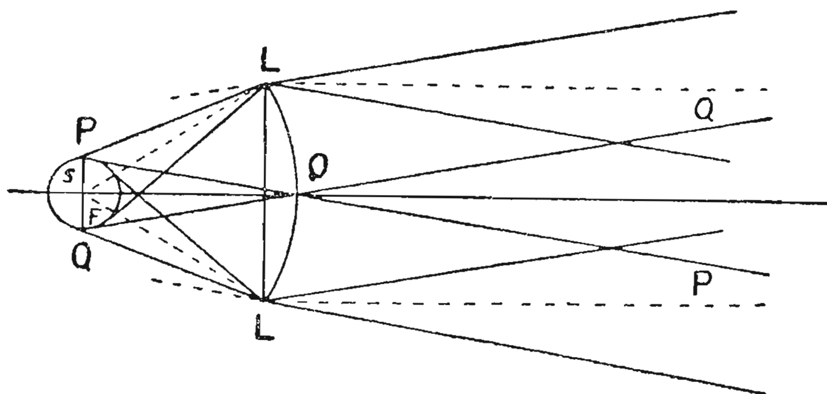


FIG. 106.

Da qualsiasi punto compreso in questo cono l'occhio vede la lente illuminata con la stessa intensità specifica della sorgente luminosa impiegata.

60. Lente d'ingrandimento – Microscopio. — Guardando un piccolo oggetto attraverso ad una lente *M* (fig. 107), si vede

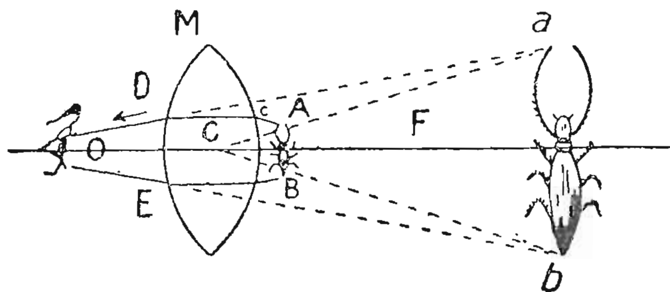


FIG. 107

l'oggetto ingrandito (*immagine virtuale dell'oggetto*) perchè la pupilla riceve i raggi analoghi a *OD*, *OE*, non come partenti da *A* e da *B*, ma come se provenissero da punti *a*, *b*, situati sul prolungamento di quei raggi e sugli assi secondari analoghi *Ca*, *Cb*. La lente così impiegata dicesi *lente d'ingrandimento* od anche *microscopio semplice.*

Si ottengono ingrandimenti maggiori dei piccoli oggetti non con una sola lente, ma con un sistema di più lenti riunite fra di loro da un tubo d'ottone, e costituenti un apparecchio detto *microscopio composto.*

61. Cannocchiale. — Dicesi *cannocchiale* un tubo *o O* (fig. 108) munito ad una estremità di una lente *O*, che rivolgesi verso l'oggetto da osservare e chiamasi *obiettivo*, ed all'altra estremità di un sistema di lenti *o*, presso cui si pone l'occhio e che vien detto *oculare*.

Quando si guarda un oggetto lontano con un cannocchiale, il cui tubo fa da camera oscura, l'obiettivo produce in un punto di questa camera un'immagine piccola e rovesciata dell'og-

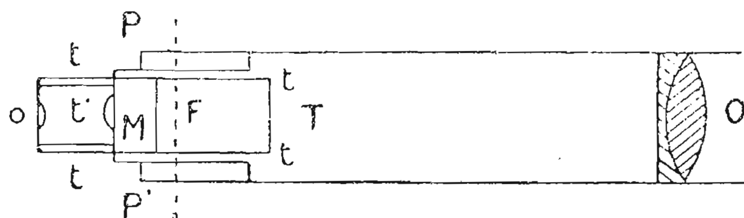


Fig. 108.

getto (immagine coniugata dell'oggetto) e l'oculare ingrandisce questa immagine, sicchè sembra di vedere l'oggetto ravvicinato.

62. Oculare astronomico ed oculare terrestre - Micrometro. — Se l'oculare ingrandisce soltanto l'immagine di un oggetto prodotta come sopra, funzionando così da microscopio, dicesi *oculare astronomico;* se invece contiene un'altra lente suppletiva, od un altro sistema di lenti che, oltre ad ingrandire, raddrizza l'immagine, allora chiamasi *oculare terrestre.*

L'oculare astronomico dà l'immagine più chiara dell'oculare terrestre, perchè i raggi di luce che vengono dall'oggetto hanno da attraversare un numero minore di lenti.

Di solito, nel punto ove cade l'immagine dell'oggetto osservato col cannocchiale, si fa corrispondere un vetrino portante incise 2 righe in croce, oppure un telaietto circolare munito sia di due sottili fili di seta (o d'argento) ad angolo retto, sia di due puntine diametrali affacciate a distanza di 1 a 2 millimetri, e ciò al fine di individuare bene l'asse ottico del cannocchiale.

Quest'apparecchio dicesi *micrometro*, e il sistema di fili, o di punte, *reticolo.*

63. Acromatismo. — Per la diversa rifrangibilità dei raggi elementari che costituiscono la luce solare, le immagini

ottenute mediante lenti comuni appariscono contornate da un'aureola iridescente, nociva alla chiarezza delle immagini stesse. Questo difetto delle lenti (*cromatismo*) viene corretto impiegando, specialmente per gli obbiettivi, due o tre lenti formate con vetro di qualità differente: ed allora le lenti si dicono *acromatiche* (fig. 109). Un buon cannocchiale deve avere lenti acromatiche.

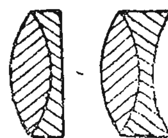


Fig. 109.

64. Puntamento di un cannocchiale. — Puntare un cannocchiale sopra un oggetto significa disporlo in modo che, mentre si vedono distintamente attraverso di esso l'oggetto designato ed il reticolo, il crocicchio di questo occupi l'esatta posizione dell'immagine che l'obbiettivo forma dell'oggetto.

Il puntamento comprende le seguenti operazioni:

1° *Adattamento alla vista.* – Si ottiene muovendo a mano il tubetto *t'* (fig. 108), che porta l'oculare *o*, entro l'altro *t*, che porta il micrometro *M*, finchè riesca distintamente visibile il reticolo, il quale dicesi allora: *messo alla visione distinta*;

2° *Adattamento alla distanza.* – Si eseguisce facendo scorrere il tubo *t* entro l'altro *T* (mediante bottone, rocchetto e piccola dentiera, di cui è provvisto ogni cannocchiale); finchè riesca distintamente visibile anche l'oggetto. Il cannocchiale dicesi allora adattato alla *visione distinta* per l'oggetto considerato.

Dopo ciò, si completa il puntamento muovendo tutto il cannocchiale, sino a fare coincidere il centro di figura del micrometro coll'immagine dell'oggetto, e muovendo di nuovo, se occorre, i tubetti *t'* e *t* fino ad ottenere che l'incrocicchio dei fili del reticolo, o l'intervallo fra le punte, non cessi dal coincidere coll'immagine dell'oggetto comunque si sposti la pupilla sopra l'oculare.

Il cannocchiale dicesi allora *puntato*.

NOZIONI DI FOTOTELEFONIA

CAPO OTTAVO

65. Stazioni fototelefoniche. — Le stazioni fototelefoniche sono delle particolari stazioni ottiche, le quali si differenziano da quelle del comune tipo fototelegrafico a ricezione visiva, perchè consentono di ricevere la voce (o qualsiasi altro suono), avvalendosi sia di luce visibile, che di raggi infrarossi, invisibili.

Il principio di funzionamento è il seguente:

— Una sorgente luminosa costituita da una lampadina elettrica ad incandescenza è posta al fuoco di uno specchio concavo trasmittente (oppure lente), atto a convogliare verso la stazione corrispondente una parte del flusso che essa emette, in fascio poco divergente.

— La corrente di accensione della suddetta lampadina viene modulata, cioè fatta variare di intensità, per mezzo di un microfono, seguito da adatto amplificatore microfonico. Le variazioni di corrente si traducono fedelmente in variazioni di splendore della sorgente luminosa. Il flusso luminoso così modulato viene riflesso dallo specchio trasmittente (o emesso dalla lente) e convogliato verso la stazione corrispondente, ove adatto sistema ottico ricevente lo concentra nel proprio fuoco. Dietro quest'ultimo trovasi una cellula fotoelettrica che ha la proprietà di tradurre le variazioni del flusso che incide su di essa in variazioni di correnti. Queste vengono magnificate da un adatto amplificatore di recezione e vanno poi ad agire su una cuffia telefonica, dando così luogo alla fedele riproduzione della parola e dei suoni emessi davanti al microfono della stazione che trasmette.

Poichè ogni stazione comprende i sopraccennati organi di trasmissione e di ricezione che sono fra essi indipendenti, riesce possibile, agli operatori delle due stazioni distanti, di parlare e ascoltare contemporaneamente come avviene nella ordinaria conversazione telefonica a filo.

Le stazioni possono trasmettere in telefonia sia con luce visibile sia con raggi infrarossi.

Ogni stazione è all'uopo provvista di due schermi di vetro – uno azzurro per il funzionamento diurno, ed uno nero per il funzionamento notturno. – La ragione del doppio schermo sta nel fatto che, di giorno, la luce solare rende poco appariscente il fascio emesso dalle stazioni, sicchè è sufficiente l'impiego di un filtro leggero (vetro azzurro) senza ricorrere allo schermo nero che è notevolmente più assorbente.

66. Cellule fotoelettriche. — Le cellule fotoelettriche si distinguono secondo il principio di funzionamento, in:

— Cellule fotoelettroniche o fotoemittenti.
— Cellule fotoconduttive o fotoresistenti.
— Cellule fotovoltaiche.

Le cellule del primo e secondo tipo consentono di trasformare le variazioni di flusso luminoso su esse incidente in variazione di corrente di un circuito elettrico nel quale sono inserite e richiedono, pertanto, per il loro funzionamento, l'impiego di una sorgente esterna di energia elettrica.

Le cellule del terzo tipo (fotovoltaiche) sono invece dei veri e propri generatori di elettricità in quanto si basano sulla proprietà che hanno taluni metalli o leghe di dare origine ad una f. e. m. allorchè esposti all'azione della luce. Esse non richiedono pertanto alcuna sorgente esterna di energia elettrica. Il valore della f. e. m. suddetta è funzione della illuminazione cui sono esposte e della temperatura ambiente. La loro resa di energia è però limitata ed esse trovano essenzialmente impiego nel campo delle misure fotometriche.

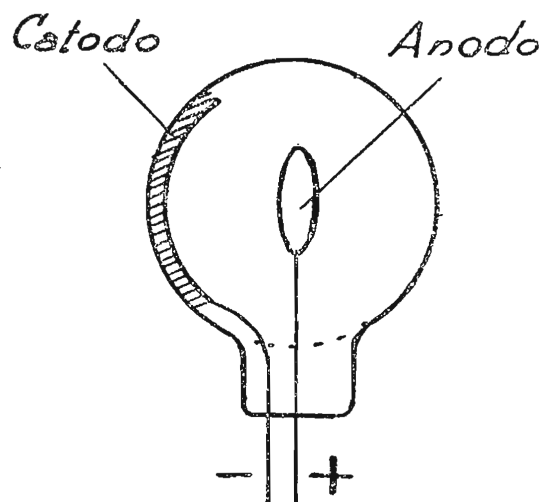


FIG. 110.

Accenniamo pertanto qui di seguito sommariamente ai primi due tipi di cellule.

Le cellule fotoelettroniche o fotoemittenti si basano sulla proprietà che hanno talune sostanze di emettere elettroni sotto l'influenza della luce. Esse ricordano per la loro struttura i tubi elettronici a due elettrodi (diodi).

Consistono in una ampolla di vetro di varia forma, nel cui interno si notano (fig. 110):

— un catodo costituito da un sottile strato della sostanza fotosensibile, depositato su una zona della superficie dell'ampolla, che ha le funzioni dei filamenti delle valvole;

— un anodo di nichel, tungsteno o molibdeno, avente la funzione che hanno le placche delle valvole.

Nell'ampolla è praticato il vuoto spinto o immesso un gas inerte. Nel mentre nei diodi l'emissione elettronica si ha per temperatura, nelle cellule in parola si ha emissione elettronica per effetto della luce. È l'energia raggiante cioè che incidendo sulla sostanza fotosensibile compie il lavoro di estrazione degli elettroni.

Questi vengono convogliati in un circuito esterno ove si enga l'anodo a conveniente tensione (fig. 111).

Il valore della corrente elettronica è funzione, ovviamente, della illuminazione incidente sul catodo e della tensione di placca.

Disponendo adatta resistenza nel circuito esterno, si ha naturalmente, ai capi di questa, una differenza di potenziale che può poi essere applicata coi procedimenti soliti di amplificazione a tubi elettronici.

Le varie sostanze fotosensibili (potassio, sodio, litio, rubidio, cesio) hanno sensibilità diversa a seconda della lunghezza d'onda delle radiazioni incidenti. L'emissione elettronica cioè per ciascuna di esse, è massima per una determinata radiazione incidente.

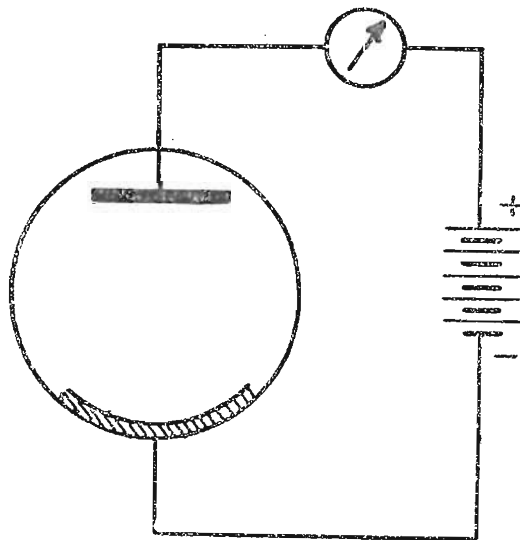


Fig. 111.

Le cellule del secondo tipo, cioè quelle fotoconduttive o fotoresistenti, differiscono dalle precedenti, in quanto in esse l'energia raggiante incidente sulla sostanza fotosensibile (selenio, solfuro di tallio) non riesce a compiere il lavoro di estrazione degli elettroni, ma soltanto a svincolarli dai relativi atomi. Questi elettroni così svincolati, in maggiore o minor misura a seconda della luce incidente, unendosi agli elettroni liberi esistenti nella sostanza ne deter-

minano una maggiore conduttività (o minore resistenza elettronica) per cui si ha in definitiva una variazione di corrente nel circuito esterno in funzione della illuminazione cui è esposta la cellula.

Nelle stazioni fototelefoniche militari vennero in passato impiegate cellule fotoresistenti al solfuro di tallio.

Dati però i progressi recentemente raggiunti nella costruzione delle cellule elettroniche al cesio (largamente impiegate nel cinema sonoro), è stato adottato tale ultimo tipo di cellula sia nelle stazioni fototelefoniche da 180 mm. che nelle stazioni da 115 mm.

Le cellule al cesio, pur senza raggiungere la resa di energia di quelle ottime al solfuro di tallio, presentano per la loro più progredita tecnica di costruzione, una maggiore stabilità e notevole fedeltà nella riproduzione dei suoni.

Le cellule al cesio hanno il loro massimo di sensibilità per le radiazioni rosse dello spettro e una resa di oltre 8000 μA/lumen con tensioni di placca di un centinaio di volt.

D

L A XVI S

Prezzo L. 4 —

ISTITUTO POLIGRAFICO DELLO
STATO - G. C. - ROMA, 1938-XVI